



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Propuesta para la integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en el aula de 4º de ESO

Autor/es

MARIO URBINA DOMINGO

Director/es

PEDRO ALBERTO ENRIQUEZ PALMA

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario de Profesorado, especialidad Física y Química

Departamento

QUÍMICA

Curso académico

2019-20



***Propuesta para la integración de prácticas científicas de argumentación,
indagación y modelización en el aula de 4º de ESO,*** de MARIO URBINA
DOMINGO

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative
Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.
Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los
titulares del copyright.

Trabajo de Fin de Máster

Propuesta para la integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en el aula de 4º de ESO

Autor

Mario Urbina Domingo

Tutor: Pedro Alberto Enríquez Palma

MÁSTER

Máster en Profesorado, Física y Química (M02A)

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2019/2020

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. LA BRECHA ENTRE LA INVESTIGACIÓN Y LA PRÁCTICA EDUCATIVA	3
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GENERAL	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. COMPETENCIAS CIENTÍFICAS. INDAGACIÓN, MODELIZACIÓN Y ARGUMENTACIÓN	7
3.2. MÉTODOS BASADOS EN LA INDAGACIÓN	9
3.3. MÉTODOS BASADOS EN LA MODELIZACIÓN.....	14
3.4. METODOLOGÍAS BASADAS EN LA ARGUMENTACIÓN.....	19
4. INTERVENCIÓN DIDÁCTICA.....	25
4.1. CONTEXTUALIZACIÓN	25
4.2. OBJETIVOS	26
4.3. COMPETENCIAS	26
4.4. CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	28
4.5. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD	29
4.6. EVALUACIÓN.....	30
5. ACTIVIDAD DE INDAGACIÓN.....	31

5.1. ESTUDIO DE LA COMBUSTIÓN DE UNA VELA EN UN RECIPIENTE CERRADO. ¿POR QUÉ ENTRA AGUA?	31
5.2. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD	32
5.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.	33
5.4. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD	37
6. ACTIVIDAD DE MODELIZACIÓN.....	39
6.1. MODELIZACIÓN CON CORPOREIZACIÓN: EL SISTEMA SOLAR A ESCALA. ...	39
6.2. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD	40
6.3. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.....	40
6.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	41
6.5. RECURSOS	42
6.6. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD	43
7. ACTIVIDAD DE ARGUMENTACIÓN.....	45
7.1. DETECCIÓN DE BULOS. EVALUAR ARGUMENTOS DE AUTORIDAD A LA LUZ DE LAS PRUEBAS.	45
7.2. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD	46
7.3. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.....	46
7.4. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD	50
7.5. PROPUESTAS DE MEJORA DE LA ACTIVIDAD	50
8. CONSIDERACIONES FINALES	53
8.1. ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AIM..	53

9. CONCLUSIONES.....	57
10. REFERENCIAS.....	61
ANEXO I: FICHA DE ACTIVIDAD “DETECCIÓN DE BULOS”	67
ANEXO II	69
ANEXO III	70
ANEXO IV: INFORME DE LABORATORIO.....	71
ANEXO V: INFORME DE LABORATORIO.....	75

RESUMEN

La investigación en didáctica de las ciencias ha demostrado que la integración de prácticas científicas de Argumentación, Indagación y Modelización (de ahora en adelante AIM) en el currículo mejora la eficacia de esta docencia.

En este Trabajo de Fin de Máster se hace una propuesta para integrar las prácticas científicas AIM en un aula de 4º de ESO en la asignatura de Física y Química. La metodología AIM se introduce mediante tres actividades, una por cada práctica, en las que se espera mejorar aprendizaje significativo y el interés por la ciencia. De este modo, se pretende resaltar que la mejor forma de aprender ciencia es practicando sus formas de hacer, hablar y pensar en el aula.

Palabras clave: Prácticas científicas, Indagación, Modelización, Argumentación, didáctica de las ciencias.

ABSTRACT

Science education research has shown that integration of scientific practices of Argument, Inquiry and Modelling (hereafter AIM) in the class curriculum improves the effectiveness of Science Teaching.

In this Master's Thesis, a proposal is made for integrating AIM scientific practices in the class curriculum of the 4th year ESO course *Physics and Chemistry*. The AIM methodology is introduced through three activities, one for each practice, which are expected to encourage meaningful learning and interest in science. In this way, it is intended to highlight that the best way to learn science is by practicing its ways of doing, speaking, and thinking in the classroom.

Keywords: Scientific practices, argumentation, modelling, inquiry, science education

1. INTRODUCCIÓN

Es bien sabido, que en los últimos años hemos experimentado importantes cambios a nivel económico, social, medioambiental, y, por ende, también educativo. Nunca antes habían tenido semejante repercusión mediática tanto los resultados educativos como las propuestas para mejorarlos, generándose un estado de opinión permanente entre padres, madres, docentes, legisladores, periodistas, etc. Esta preocupación social generalizada parece querer encontrar la receta mágica educativa que consiga perfeccionar al máximo el potencial de los escolares. La educación ha pasado a ser un tema de conversación recurrente con opiniones no siempre bien fundamentadas (Couso, Jimenez-Liso, Refojo y Sacristán, 2020).

Junto con esta presión social, ha emergido un creciente empoderamiento de la profesión docente hacia un movimiento de mejora y de búsqueda de la calidad de la docencia. El auge de nuevas metodologías, materiales propios, reflexiones, cursos, etc. han proliferado entorno a la enseñanza, pero no siempre producen efectos beneficiosos para el aprendizaje de los alumnos.

1.1. La brecha entre la investigación y la práctica educativa

Existen numerosos proyectos de investigación e informes nacionales e internacionales (Martínez-Chico, Jiménez-Liso y Evagorou (2019); Jiménez-Liso, González, Martínez-Chico, Víchez González y Lucio-Villegas, 2019 ; Osborne y Dillon, 2008 y COSCE 2011) que muestran de manera preocupante la brecha existente entre los resultados experimentales en didáctica de las ciencias y lo que llega al aula de primaria o secundaria.

Según un informe de la Comisión Europea (Rocard, Csermely, Jorde, Walberg-Henriksson y Hemmo, 2007) existe una disminución alarmante en la población joven interesada en estudiar materias relacionadas con la ciencia y las

matemáticas. En dicho estudio sitúa el origen principal de este desinterés en la forma en que se enseña la ciencia en las escuelas. Diversos informes (COSCE, 2011 y Osborne y Dillon, 2008) persisten en la necesidad de renovar los métodos tradicionales en didáctica de las ciencias.

Es por eso, que en este Trabajo de Fin de Máster se pretende hacer hincapié en la necesidad de conectar la práctica docente de enseñanza de las ciencias con la abundante investigación científica existente en el ámbito. El objetivo es orientar la docencia hacia una práctica más científica, es decir, fundamentada en aquellos principios o ideas consensuados por la comunidad educativa porque los avala la abundancia de resultados sobre su eficiencia para el aprendizaje de las ciencias.

La enseñanza de las ciencias basada en pruebas hace referencia a una práctica educativa altamente reflexiva que, en lugar de ignorar el conocimiento fiable, validado y consensuado, asume un compromiso con la actualización didáctica y se muestra abierta a nuevos cuestionarios (Couso et al, 2020).

Una enseñanza basada en pruebas, además de usar y difundir los resultados obtenidos, interpela a la propia investigación para generar más pruebas donde las evidencias son insuficientes o inexistentes. Esta doble dirección entre investigación y práctica docente robustece y obliga a aterrizar en el aula a la investigación, la condiciona a ser capaz de producir pruebas capitalizando estudios anteriores y a desarrollar productos compartidos y consensos contruidos conjuntamente con los docentes que guíen las situaciones diversas de aula. (Jiménez-Liso et al, 2019; Couso et al, 2020; Martínez-Chico, López-Gay y Jiménez-Liso, 2014).

Este trabajo pretende hacer un recorrido por algunas áreas de la investigación educativa de la enseñanza de las ciencias recopilando y revisando algunos de los estudios realizados hasta la fecha en didáctica de las ciencias. El objetivo principal es acercar los resultados de la investigación interdisciplinar relacionada con la educación científica tanto a los futuros docentes, como a formadores de docentes, docentes en activo, etc.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ✓ Mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de los alumnos de un aula de 4º de ESO a través de la integración de prácticas científicas AIM.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Incrementar el interés de los alumnos hacia la ciencia situando al alumno como protagonista de su aprendizaje.
- ✓ Diseñar y proponer actividades que integren prácticas científicas AIM en el aula de 4º de ESO.
- ✓ Fomentar la variedad de contextos de aprendizaje, utilizando diferentes lugares del centro como el laboratorio o el patio.
- ✓ Mejorar las habilidades científicas de los alumnos fomentando las actividades para hacer, hablar y pensar ciencia en el aula.
- ✓ Generar aprendizaje significativo mediante la explicitación de las ideas en público.
- ✓ Generar buen clima de aula y aportar la confianza a los alumnos para poder expresar sus dudas, argumentos, etc.
- ✓ Derivado del anterior, promover la expresión de los conocimientos previos mediante modelos científicos o argumentos.
- ✓ Fomentar el uso del laboratorio en el aula por medio de actividades de indagación, familiarizando al alumnado con el instrumental del laboratorio.
- ✓ Trabajar transversalmente las competencias básicas como *aprender a aprender* o *comunicación lingüística* con prácticas de argumentación y modelización.
- ✓ Llevar a la práctica educativa metodologías innovadoras que presentan evidencia de su eficacia en la investigación educativa.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Competencias científicas. Indagación, modelización y argumentación

El interés por la competencia científica se experimentó a partir de que en 2007 la Unión Europea propusiese las competencias básicas como objetivo central de aprendizaje, y de que fuesen adoptadas en los documentos curriculares del Ministerio de Educación y las comunidades autónomas.

Las competencias científicas, que se estudiarán con detalle en esta memoria, han constituido el eje de la evaluación en PISA desde 1999. En PISA (OCDE, 2006) hay tres competencias científicas que se consideran prioritarias, las capacidades de:

- 1) Identificar cuestiones y preguntas científicas, que puedan ser respondidas con base en pruebas científicas (indagación).
- 2) Explicar o predecir fenómenos aplicando el conocimiento científico (modelización).
- 3) Utilizar pruebas científicas para elaborar y comunicar conclusiones y para identificar los supuestos, pruebas y razonamiento que las sustentan (argumentación).

Aunque se analicen por separado las tres están conectadas: *identificar cuestiones* que puedan ser estudiadas incluye identificar fenómenos que pueden ser explicados por las ciencias y cómo seleccionar datos y pruebas válidos. Esta competencia puede considerarse un punto de partida para el trabajo científico y el aprendizaje de las ciencias. Uno de los objetivos de las ciencias es explicar los *fenómenos físicos y naturales por medio de modelos científicos*, que puede formularse como el uso de modelos para interpretar fenómenos. Diferentes modelos llevan a interpretar los mismos datos o pruebas de distinta forma; así, en el siglo XVI, el estudio de las órbitas de los planetas llevó a Nicolás Copérnico a defender un nuevo modelo del universo conocido que situaba al Sol, en vez de a la Tierra, en el centro del universo. Sin embargo, desde que se publicó el trabajo de Copérnico hasta que se aceptó por la comunidad científica

internacional pasaron muchos años. Nuevos modelos dan lugar a nuevas preguntas. En cuanto al uso de pruebas, para poder elegir entre distintos modelos, es decir, para evaluar modelos científicos, es necesario *utilizar pruebas*; y su análisis conduce también a generar preguntas nuevas.

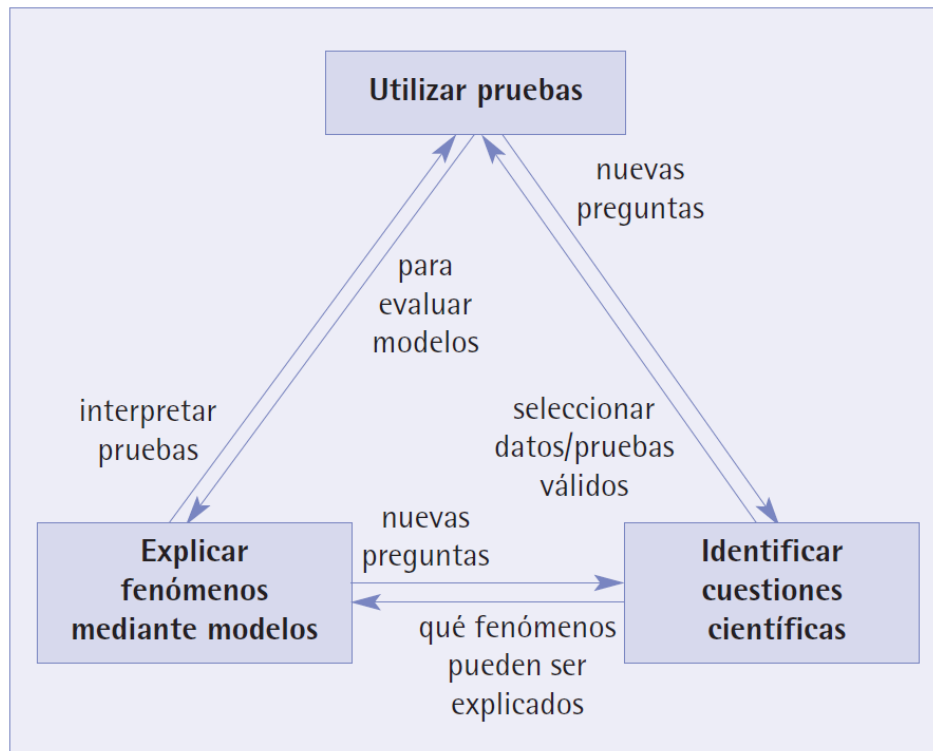


Figura 1. Relaciones entre las tres competencias científicas (Jiménez-Aleixandre, 2009)

3.2. Métodos basados en la indagación

La indagación también conocida como aprendizaje por indagación, aprendizaje por investigación, Inquiry-Based Learning (IBL) o Inquiry-Based Science Education (IBSE) en el ámbito internacional, empezó a recibir atención en los años 60, pero realmente cobró protagonismo en los 90 con la publicación de los National Science Standards en Estados Unidos (NRC 1996, 2000).

En Europa, el informe de expertos formados por la Comisión Europea (Rocard et al, 2007) publicaron que las metodologías basadas en la indagación son más efectivas que los métodos deductivos o tradicionales. Así, ha impulsado numerosas iniciativas enfocadas a la promoción de este enfoque en las aulas, tales como los proyectos PRIMAS, INQUIRE, MASCIL, SAILS, PROFILES, ENGAGE, IRRESISTABLE o PARRISE (Romero-Ariza, 2017)

Existe un cierto debate sobre lo que conlleva esta metodología, en la que se incluyen variantes dependientes de la ayuda que proporciona el profesor a los estudiantes, o del tipo de actividades propuestas. Sin embargo, para clarificar una visión comúnmente aceptada en la comunidad dedicada a la didáctica de las ciencias, consideraremos la siguiente propuesta de Linn, Davis y Bell (2004) acerca de las características que conlleva la indagación: *“el proceso intencional de diagnóstico de problemas, la crítica de los experimentos y la distinción de alternativas, la planificación de las investigaciones, la investigación de conjeturas, la búsqueda de información, y la construcción de modelos, el debate con los compañeros y la construcción de argumentos coherentes”*.

Según Couso (2014), la variedad de propuestas de IBSE se caracterizan por cuatro puntos:

1. Girar entorno a un escenario de enseñanza-aprendizaje de investigación, generalmente de tipo práctico (observaciones, experimentos, ...), donde los alumnos se plantean preguntas y obtienen sus propios datos. También hay escenarios donde se usan datos disponibles.

2. Dar mucha importancia a la actitud y motivación de los estudiantes, otorgándoles un papel muy activo y protagonista. En general se les propone trabajar en grupo y se les da mucha más autonomía y capacidad de decisión y elección que en el aula tradicional, en particular cuando la indagación es abierta y los estudiantes escogen incluso la temática a trabajar.
3. Por contraposición a lo anterior, enfatizar la importancia de un papel más pasivo del profesor, usando generalmente la idea de “guía” y “facilitador” de la indagación.
4. Organizar la instrucción en etapas o fases, siguiendo un cierto ciclo que emula la investigación científica real.

En España, el informe de expertos ENCIENDE recomienda *un replanteamiento de las metodologías de aula hacia propuestas donde la indagación y la experimentación de cierta duración tengan un papel más importante* (COSCE, 2011).

Como se ha observado, existen abundantes pruebas muy recientes sobre los beneficios de un enfoque indagativo en el aprendizaje de las ciencias. Con el enfoque de enseñanza por indagación guiada, el alumnado aprende contenido científico, aprende a hacer ciencia (procedimientos), aprende qué es la ciencia y cómo se construye, y esto le genera una actitud positiva hacia la ciencia y, sobre todo, le ayuda a desarrollar pensamiento crítico, es decir, a poner en duda cualquier afirmación que no esté apoyada en pruebas (Couso et al, 2020).

Las actividades de indagación siguen habitualmente un proceso común que se expresa en la Figura 2, y que ha sido utilizado para desarrollar las actividades propuestas en la intervención didáctica. La propuesta escogida para las fases de la indagación es (Couso et al, 2020; Solbes, Jiménez-Liso, Pina, 2019) la descrita a continuación:

Fase de contextualización, en la que lo más importante es captar la atención del estudiantado. El alumnado debe enfrentarse a una pregunta que enganche.

Esta pregunta no debe ser retórica ni de solución obvia, ha de ser cercana, relevante, relacionada con un fenómeno paradigmático, investigable. En definitiva, debe enganchar a los estudiantes en todo el proceso de indagación y contextualizar con un fenómeno.

Expresar y justificar ideas personales. Las respuestas a la pregunta y las ideas en las que se basan (justificación) deben ser consideradas como hipótesis, expresadas mediante diferentes lenguajes (verbal, icónico, gestual, tablas, gráficos, ...). Esta actividad permite tomar conciencia de las ideas personales, un paso necesario desde una visión constructivista del aprendizaje. El propio proceso de expresión y discusión supone ya un primer paso de autorregulación de esas ideas, de manera que empiezan a ser modificadas cuando se toma conciencia y se escuchan los comentarios de los compañeros.

Dar prioridad a las pruebas. Para ello, hay que planificar, evaluar o desarrollar un diseño para obtener pruebas. Esta actividad puede ser abierta, lo que genera mucha creatividad en el alumnado, estructurada, guiada o incluso que el diseño sea propuesto por el docente (cerrada). Independientemente del grado de apertura elegido, la evaluación sobre su validez es imprescindible, pues se trata del criterio para validar o refutar ideas.

Recopilación y expresión de datos. A menudo se considera, erróneamente, que la obtención de datos a través de un proceso manipulativo o experimental es la actividad esencial de la indagación. Sin negar el interés escolar que puede tener la actividad experimental propiamente dicha, en ocasiones es suficiente con obtener datos reales a través de fuentes fiables (fuentes secundarias). Lo realmente importante es obtener esos datos y expresarlos mediante tablas o gráficas, para poder relacionarlos con las ideas personales previamente discutidas. Si el fenómeno está bien elegido, la comparación entre los datos reales y los esperados a partir de las ideas personales iniciales provoca un factor sorpresa que aumenta el enganche con la indagación.

Evaluar, conectar. En este apartado se obtienen pruebas que confirmen o refuten las ideas iniciales. Los datos por sí solos no constituyen pruebas para

contrastar las ideas iniciales. Necesitamos analizarlos, conectarlos con la pregunta y con las explicaciones para poder transformarlos en pruebas .

Construir conocimiento descriptivo. En este apartado, se obtienen conclusiones y se asienta el aprendizaje. En primer lugar, hay que recapitular el proceso seguido, presentando al grupo las conclusiones: qué ideas relacionadas con el fenómeno inicial han sido confirmadas y en qué nos basamos para confirmarlas. Las conclusiones pueden referirse sólo a un mejor conocimiento de lo que sucede en un fenómeno concreto, llamado por algunos autores (Solbes, Jiménez-Liso y Pina 2019) conocimiento descriptivo. En este caso, ese conocimiento generará la necesidad de buscar conocimiento explicativo-interpretativo de carácter más general, dando lugar a un nuevo ciclo de modelización cuyo paso inicial (presentar el fenómeno y proponer una pregunta guía, para reconocer la necesidad de un modelo) ya ha surgido naturalmente al vivir el ciclo de indagación. En segundo lugar, se debe tomar conciencia de lo aprendido, cómo y qué emociones han vivido en el proceso. Diversos autores (Couso, Jiménez Liso, Refojo y Sacristán, 2020) han incluido este proceso de autorregulación de aprendizajes y emociones porque sirve para tomar conciencia de que han aprendido contenido científico conjuntamente con destrezas de indagación y sobre la indagación. Es el momento de tomar conciencia de esos aprendizajes y de las emociones que producen, que suelen pasar desapercibido para estudiantes y profesorado a pesar de su importancia para favorecer o dificultar el aprendizaje (Solbes, Jiménez-Liso y Pina, 2019).



Figura 2. Ciclo de indagación para la elaboración y desarrollo de actividades de enseñanza-aprendizaje (Couso et al, 2020).

3.3. Métodos basados en la modelización

Los modelos juegan un papel central tanto en la ciencia como en la educación científica, siendo en ambos casos mediadores entre el mundo y las teorías (Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez y Oliva-Martínez, 2017).

Según Schwarz et al. (2009), definen un modelo científico como una representación que abstrae y simplifica un sistema enfocándose en características clave para explicar y predecir fenómenos científicos. En la vida científica es habitual realizar modelos en base a datos recopilados y a evidencias para elaborar una propuesta o teoría científica. Ejemplos de modelos científicos incluyen el modelo de Bohr del átomo, el modelo de partículas de la materia, un modelo de rayos de luz sobre cómo vemos los objetos, el modelo del ciclo del agua y un modelo de red alimentaria que indica interacciones entre organismos.

En un contexto didáctico, la idea de modelo tiene asimismo diferentes acepciones, desempeñando todas ellas un papel esencial en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Así, por una parte, los modelos enseñados proporcionan una representación externa adaptada a la edad del modelo científico de referencia, fruto de su transposición didáctica. Pero, por otra parte, los modelos han de ser contruidos internamente por los propios alumnos, mediante procesos de andamiaje que apelan, entre otros, a recursos externos, muchos de los cuales pueden ubicarse dentro de la categoría de modelos analógicos escolares (Harrison y Treagust, 2000).

La enseñanza-aprendizaje basada en modelos ha sido definida como aquella *“diseñada para sostener el desarrollo y la evolución de los modelos mentales de los alumnos”* (Buckley, 2012, p. 2312). Se asume que los modelos pueden ser importantes para el logro de la comprensión conceptual en la ciencia a un nivel que va más allá de la memorización de hechos, ecuaciones o algoritmos. Y que ello *“no solo llevará al estudiante, a través de explicaciones satisfactorias, a la percepción de que aprender ciencia puede tener sentido, sino también a que incorpore una forma de conocimiento flexible que pueda ser aplicado y transferido”* (Clement, 2000)

A menudo, lo que se cree que se ha de enseñar en ciencias es de naturaleza eminentemente teórica. Es imprescindible no solo enseñar los productos teóricos obtenidos por la ciencia, pero además hay que incluir la actividad de generarlos. Para ello, la modelización permite “idear” modelos interpretativos que nos sirven para describir, predecir, explicar e intervenir en fenómenos de acuerdo con lo que sabemos y las pruebas disponibles y que puedan transferirse a otros contextos.

Los contenidos conceptuales a aprender mediante el método de modelización (MBI en la literatura, por sus siglas en inglés, *Model-Based Inquiry*, o MBTL *Model-Based Teaching and Learning*) son unas pocas, pero potentes ideas clave que el alumnado debe construir de forma paulatina y sólida a lo largo de toda la escolaridad. El objetivo es hacer evolucionar, de forma progresiva, las ideas o modelos iniciales que el alumno usa para predecir y/o explicar un fenómeno para que sean cada vez más coherentes con las ideas de la ciencia adecuadas a cada nivel (Hernández, Couso, y Pintó, 2015).

Existen diversidad de propuestas didácticas que han mostrado ser útiles para diseñar, planificar e implementar una enseñanza de las ciencias centrada en la modelización. Una propuesta concreta centrada en la modelización es el “ciclo de modelización” de la Figura 3, que otorga gran importancia a la expresión explícita de los modelos del alumnado e incluye una fase de consenso que estructura lo que se ha aprendido.

El ciclo de modelización propuesto en la Figura 3 está formado por 6 fases que se dividen en lo que el alumnado debe hacer y las tareas que deben acompañar tales fases por parte del profesor. A continuación, se describe como debería suceder el proceso de modelización, entre profesor y alumno (Couso et al, 2020):

La primera fase del ciclo consiste en **problematizar**. El profesor plantea una situación contextualizada y una pregunta guía que problematicen un fenómeno. Los alumnos deben reconocer la necesidad de elaborar un modelo para justificar el fenómeno natural planteado. Para que la modelización tenga sentido, es preciso que el alumno esté familiarizado con dicho fenómeno.

Posteriormente, los alumnos tienen que **elaborar el modelo inicial**, en base a sus conocimientos científicos/pseudocientíficos disponibles sobre el fenómeno. El modelo puede expresarse mediante dibujos, signos o códigos en función del lenguaje elegido para la gestación del modelo. Todo ello permite elaborar una primera versión del modelo, para lo que ha de elegirse un formato visual, verbal, simbólico, matemático, analógico, digital, etc. O una combinación de varios de ellos (Oliva, 2019).

Una vez realizado el modelo, deberá **ponerse a prueba**, realizando predicciones que han de ser contrastadas, ya sea a través de experimentos reales, mentales o simulaciones. Si las predicciones se cumplen, el modelo cobra fuerza, mientras que en caso contrario se debilita, con lo que surgen cambios en el modelo y el retorno a fases anteriores. En resumidas cuentas, “el uso y validación de un modelo se corresponde en esencia con un proceso de reducción al absurdo, es decir, un proceso iterativo que prueba si el modelo actual puede ser reemplazado por uno mejor”. Mientras esto no sea posible, el modelo vigente se considera plausible y adecuado con respecto a su propósito (Seel, 2017).

Una vez discutidas todas las posibles acepciones sobre la viabilidad o no del modelo planteado, habiendo realizado los ajustes necesarios, se trata de **consensuar** el modelo final entre todos los alumnos. Para ello el profesor debe actuar como guía de la negociación, fomentando la participación de todos y ayudando a su redacción o expresión, con el fin de que facilite la interpretación de nuevos fenómenos.

Finalmente, se promoverá la **aplicación y transferencia** del modelo consensuado. Para ello se probará con el ejemplo del fenómeno inicial y con variantes que respondan al mismo tipo de modelo.

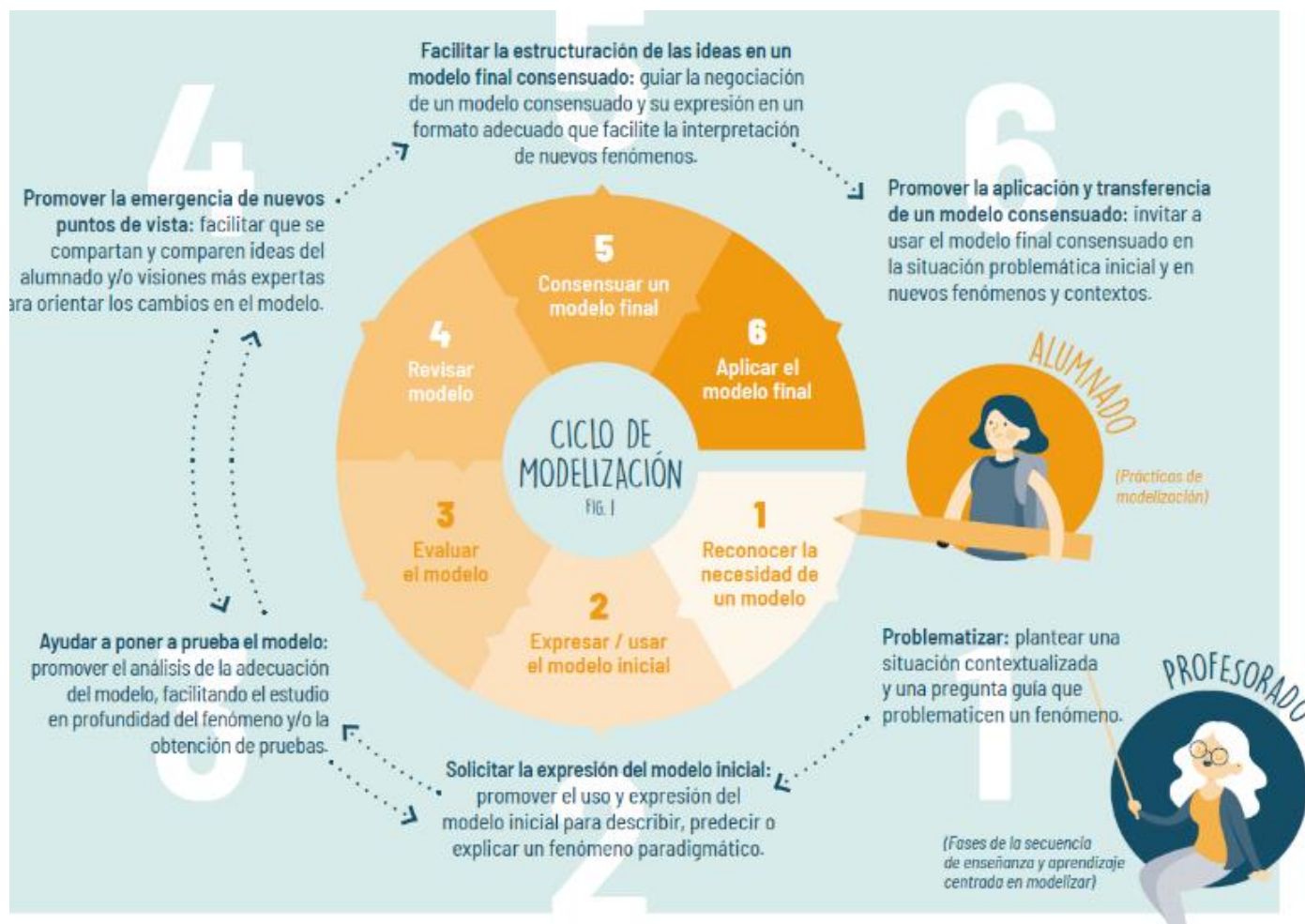


Figura 3. Ciclo de modelización. Propuesta realizada por (Couso et al, 2020) para actividades de creación de modelos.

Desde esta perspectiva, involucrar al alumnado en prácticas auténticas de modelización implicaría comprometerle en prácticas de formulación, uso y evaluación de los modelos siguiendo el esquema presentado. Esta forma de entender el aprendizaje, requiere iniciativa y procesos de búsqueda por parte del estudiante. Quiere esto decir que debe participar activamente, buscar información, aportar ideas, tomar decisiones, etc. De ahí que se aprecie una creciente convergencia entre estos enfoques y los de indagación (Martínez Chico, López-Gay y Jiménez Liso, 2015; Oliva, 2019)

Pero hemos de considerar el papel fundamental del profesor en el proceso de andamiaje durante la conducción y retroalimentación de diálogos con los estudiantes. De este modo, el profesor ha de formular las preguntas oportunas, pidiendo aclaraciones y suscitando en el alumnado nuevas reflexiones y

replanteamientos, pero preferiblemente sin tener que aportar información crucial en la solución de tareas y, en su caso, reconduciendo esos diálogos a través de la exploración de otros caminos (Oliva, 2019).

Este esquema debe interpretarse como un marco integral desde el que entender la modelización, lo que no significa que esta tenga que ser siempre completa. Por el contrario, también sería válido el desarrollo de prácticas parciales que involucren una o más partes del ciclo.

A pesar de que la modelización, como inmersión del alumno en prácticas de construcción de modelos, constituye un campo en auge (Oliva, 2019), resulta todavía un enfoque no mayoritario.

3.4. Metodologías basadas en la argumentación

Ya desde 1958, el británico Stephen Toulmin publicó famoso libro titulado *The uses of argument*, que tuvo un impacto significativo en cómo los educadores en ciencias deben definir y usar la argumentación. La definición de Toulmin de argumento se ha aplicado como herramienta metodológica para el análisis de un amplio rango de materias escolares, incluida la ciencia (Böttcher y Meisert, 2011; Jimenez Alexaindre, 2010; Erduran, Simon, y Osborne, 2004), historia e inglés. Y desde entonces se han perfeccionado e investigado su aplicación en las aulas.

Pero ¿cómo sabemos lo que sabemos? Las ciencias tienen como objetivo formular preguntas sobre el mundo natural, preguntarse lo “obvio” para comprenderlo. Por ejemplo, ¿Por qué existen las estaciones? o ¿Por qué la Tierra gira sobre sí misma? y tiene la intención de responderlas. Además, posee una forma de construcción específica, que consiste en apoyarse en pruebas, contrastando las hipótesis y modelos sobre cómo funciona algo con los datos disponibles en cada momento. Así, si aparecen datos nuevos o cambia la forma de interpretarlos, como ocurrió con el movimiento planetario (geocéntrico) el modelo se cambia (Couso et al, 2020).

Hoy día existe consenso en que aprender ciencias, además del conocimiento de modelos y teorías científicas, es decir los *por qué*, debe incluir la práctica de relacionar las explicaciones con las pruebas que las sustentan, una comprensión de cómo sabemos lo que sabemos o por qué creemos lo que sabemos. Se conoce como argumentación esa evaluación del conocimiento en base a pruebas, una de las tres grandes prácticas científicas, junto a la indagación y la modelización (Couso et al, 2020).

Según Jiménez-Alexandrie (2010), “argumentar consiste en ser capaz de evaluar los enunciados en base a pruebas, reconocer que las conclusiones y los enunciados científicos deben estar justificados, es decir, sustentados en pruebas.” Además, la argumentación es una herramienta de las que disponemos para evaluar el conocimiento.

Pero la evaluación de pruebas, la elección de modelos o teorías en función de experimentos u observaciones, está condicionada por las propias teorías que cada persona mantiene. Esos modelos actúan como lentes que solo nos permiten contemplar el mundo a través de ellos, por eso a veces ha resultado tan difícil descartar una teoría errónea como la que mantenía que la Tierra era el centro del universo y que el Sol giraba en torno a ella. Desde el punto de vista educativo, no se pueden considerar triviales las dificultades de los alumnos para sustituir sus ideas alternativas por otras más acordes con los modelos científicos si tenemos en cuenta las dificultades experimentadas en la comunidad científica. Por eso, discutir en clase el proceso de evaluación de algunos modelos es importante para que el alumnado aprenda cómo se construye el conocimiento científico y desarrolle la competencia de usar pruebas y juzgar la fiabilidad de enunciados que se encuentran en múltiples situaciones de la vida cotidiana.

La argumentación nos permite valorar los conocimientos a la luz de las pruebas disponibles, superando los argumentos basados en la autoridad, sean en libros u otras personas. No es válido, desde esta perspectiva, afirmar que algo es cierto porque está escrito en la Biblia o porque lo dijo Aristóteles: es necesario aportar pruebas. La evaluación, al ser un proceso social, está sometida a la influencia de las ideas y poderes dominantes en cada sociedad. Estos condicionantes hacen aún más importante desarrollar criterios que permiten evaluar las pruebas de la mejor forma posible (Jiménez-Alexandre, 2010).

Por otro lado, la argumentación contribuye a competencias básicas y generales de la educación. Forma parte de la competencia científica, ya que el uso de pruebas (junto con la argumentación) es una de las tres capacidades que constituyen la competencia científica, según la evaluación PISA (OCDE, 2016) y los documentos curriculares (MEC, 2007). La atención a la argumentación y el uso de pruebas en numerosos documentos internacionales muestra su interés (Böttcher y Meisert, 2011; Erduran y Jiménez-Alexandre, 2008).

La argumentación y el uso de pruebas contribuyen además a otras competencias científicas básicas:

En primer lugar, a las relacionadas con objetivos respecto a la mejora de los procesos de aprendizaje, como aprender a aprender, ya que contribuyen a la regulación de los procesos de pensamiento al hacerlos públicos. También ayudan al desarrollo de la competencia lingüística.

En segundo lugar, contribuyen a desarrollar las competencias relacionadas con el objetivo de formar una ciudadanía responsable, capaz de ejercer el pensamiento crítico o Competencias Sociales y Cívicas. En esta idea clave, Jiménez-Alexandre (2010) propone una noción de pensamiento crítico como la capacidad de desarrollar una opinión independiente, reflexionar sobre la realidad y participar en su mejora, es decir, incluyendo componentes relacionados con la argumentación.

En tercer lugar, la argumentación contribuye específicamente a objetivos relacionados con la participación en prácticas científicas y con el desarrollo de ideas sobre la naturaleza de la ciencia, sobre las formas de trabajar de la comunidad científica, lo que se denomina la *cultura científica*. Participar en actividades de argumentación en clase ayuda a desarrollar una imagen del trabajo científico que incluya tanto los procesos de producción como los de evaluación y comunicación de conocimientos. Las tareas relacionadas con la argumentación y el uso de pruebas contribuyen a poner de manifiesto, por ejemplo, que el conocimiento no es algo fijo e inmutable, sino que tiene carácter provisional, en la medida en que unas ideas o modelos pueden ser sustituidos por otros; que estas ideas o modelos son evaluados de acuerdo con las pruebas disponibles en cada momento, y que los mismos datos o pruebas son interpretados de distintas formas según con qué modelo o “lente” teórica se interpreten. La participación en la argumentación también ayuda a aprender a comunicarse, a hablar y escribir ciencias, y a usar lenguajes científicos (Jimenez-Alexandre, 2010).

Del mismo modo que para la indagación y modelización, a continuación, se muestra una propuesta para incluir la práctica de la argumentación en las aulas.

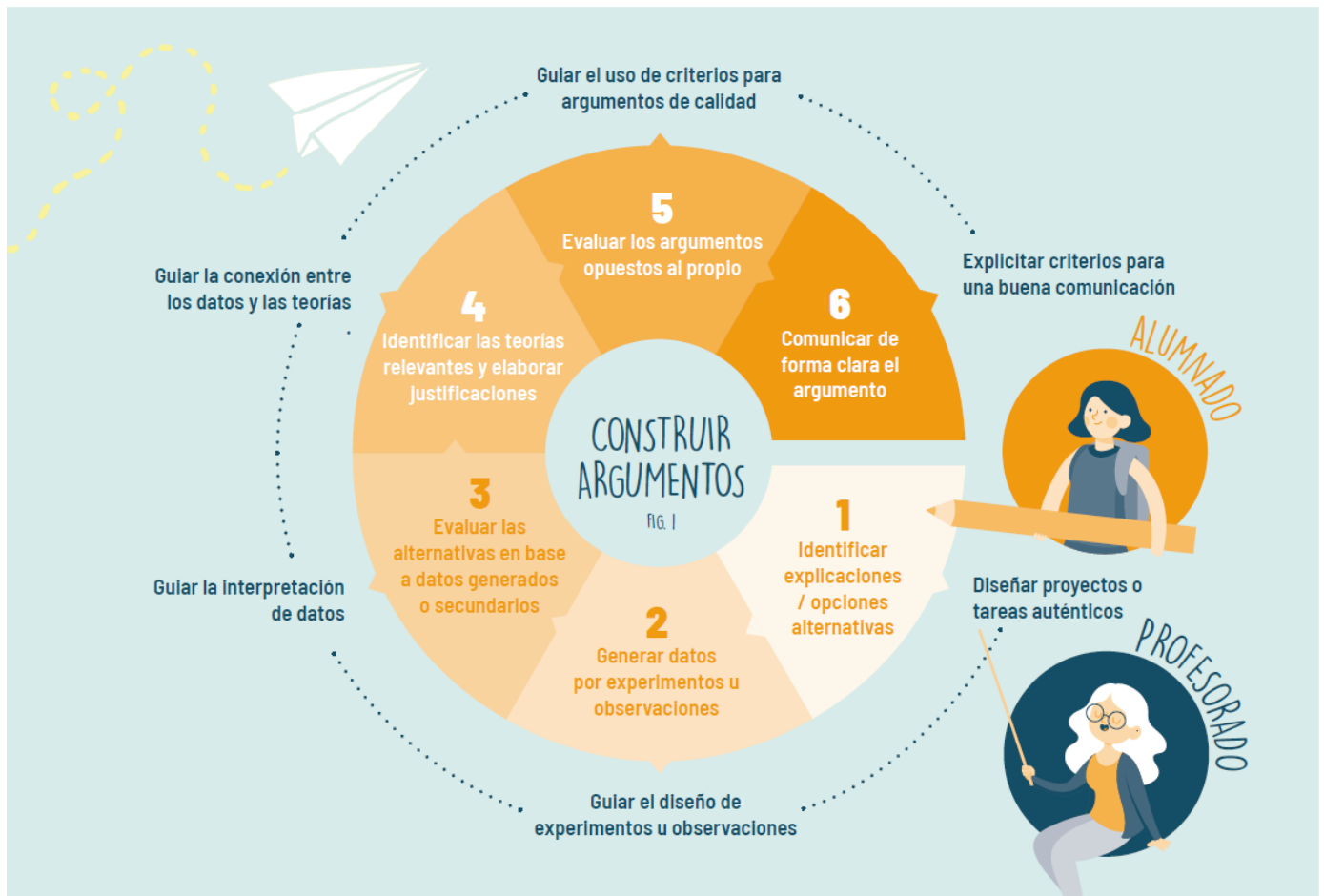


Figura 4. Ciclo de la argumentación. Propuesta realizada por (Couso et al, 2020) para actividades de construcción de argumentos.

El primer paso que debe realizarse según el esquema de la Figura 4 por parte del profesor es el de **diseñar el proyecto**. El proyecto podría ser enfocado en dos tipos de contextos: 1) Desarrollar explicaciones causales. Esto se trabaja principalmente en la modelización y el desarrollo de explicaciones, por ejemplo, sobre el modelo geocéntrico y heliocéntrico (Jiménez-Aleixandre, 2010), o sobre la expresión de los genes (Puig, Ageitos, y Jiménez Aleixandre, 2017); 2) Decidir entre opciones en cuestiones socio-científicas, como el cambio climático y su negacionismo (Sezen-Barrie, Shea y Borman, 2017), la dieta y los “productos milagro” (Jiménez-Aleixandre, 2010), la experimentación con animales, son algunos de los temas controvertidos que pueden tratarse en el aula. El alumnado debe tener en cuenta los datos de distintos tipos, como científicos y económicos, y valores éticos y culturales. Es una práctica compleja, pero más conectada con la vida real (Couso et al, 2020).

El segundo paso, va relacionado con la **búsqueda de pruebas mediante experimentos u observaciones**. Según el tema escogido, se realizarán tareas más específicas para experimentar (comprobar si la masa influye en la velocidad de caída de los objetos) o datos recopilados y publicados sobre un tema en concreto (“La Tierra gira sobre sí misma” (Jiménez-Aleixandre, Otero Gallástegui, Santamaría y Mauriz, 2009b). Las pruebas permiten distinguir conclusiones sustentadas en datos de opiniones, así como elegir entre teorías alternativas, entre diversas opciones, confirmar predicciones o evaluar afirmaciones de distintas fuentes (Jiménez-Aleixandre, 2010).

A continuación, **se evaluarán los datos**. Los criterios para evaluar pruebas incluyen especificidad, suficiencia, fiabilidad y en qué medida la prueba puede interpretarse como apoyando un enunciado más que otro alternativo (Jiménez-Aleixandre, 2010).

El siguiente paso es **asociar a esos datos teorías o modelos**, es decir, interpretarlos. Los argumentos sobre modelos pretenden indentificar relaciones causa-efecto en las explicaciones e interpretaciones sobre fenómenos físicos y naturales (Jiménez-Aleixandre, 2010). Por otro lado, la argumentación en cuestiones sociocientíficas contribuye al pensamiento crítico y a aprender sobre ciencia, y presenta algunas características como su carácter interdisciplinario (Jiménez-Aleixandre, 2010).

En el ejemplo puesto anteriormente sobre la rotación de la Tierra, la **justificación** que relaciona la conclusión (enunciado a evaluar) con las pruebas (Experimento del Péndulo de Foucault sería que el plano de oscilación es el que gira, y no la dirección del péndulo. Sin esa justificación, las pruebas se “creerán” por autoridad.

“Un buen argumento tiene en cuenta los **argumentos de opuestos**” (Jiménez-Aleixandre, 2010). Además de apoyarse en las pruebas pertinentes, debe considerar las hipótesis alternativas, sean explícitas (conclusiones opuestas) o potenciales. El pensamiento crítico implica la evaluación de argumentos de otros.

Finalmente, **se comunican los argumentos finales**. Aprender a argumentar implica comunicar, persuadir a una audiencia, tiene relación con aprender a comunicar en ciencias, hablar y escribir ciencias en clase; también se aprende a articular y construir una explicación que resulte convincente para otras personas.

4. INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

El propósito de esta memoria es elaborar una propuesta educativa que permita introducir las metodologías AIM en la docencia de las clases de ciencias. La propuesta consiste en desarrollar tres actividades, de indagación, modelización y argumentación, en la cual se afiancen los contenidos y conceptos estudiados, empleando el marco teórico descrito anteriormente. El objetivo principal de este trabajo es valorar la repercusión que tiene su implementación en aspectos como la motivación, el interés hacia la materia o el rendimiento académico de los estudiantes. A continuación, se exponen los detalles de las actividades propuestas.

4.1. Contextualización

El presente proyecto va dirigido a los alumnos de 4º de ESO que estudien la asignatura de Física y Química.

En este curso, los alumnos han tenido que elegir la opción de ciencias, por lo que, en principio, serán alumnos interesados en la materia. Además, al ser un curso de fin de etapa, deben plantearse la decisión de seguir formándose académicamente, por lo que su interés puede ser mayor.

Se desarrollarán, por tanto, tres propuestas de cómo podría ponerse en práctica las metodologías explicadas en el marco teórico de esta memoria. La propuesta de indagación, en la cual se trabajan las reacciones químicas, se introduciría en el *Bloque III. Los cambios*. La actividad de modelización, donde se estudiarán las distancias del Sistema Solar a escala, y su extrapolación al Universo, se introducirá en el *Bloque IV. El movimiento y las fuerzas*. Por último, la actividad de argumentación se realizará al finalizar el *Bloque V. La energía*, por la posibilidad de hilar conceptos. La actividad se ha enmarcado en el *Bloque I. La actividad científica* y, por tanto, existe la posibilidad de realizarla en otro momento del curso, con la intención de cuadrar fechas con otros departamentos y hacerla conjunta.

4.2. Objetivos

Los objetivos que se pretenden con el proyecto son los siguientes:

- Introducir las metodologías de indagación, modelización y argumentación en la práctica de aula para generar aprendizaje significativo.
- Mejorar el interés de los alumnos por el estudio de la ciencia con un papel más activo del alumnado en su aprendizaje.
- Fomentar la expresión de las ideas previas con el objetivo de construir un andamiaje sobre estas concepciones.
- Establecer un clima positivo de aula que valore la confianza y la expresión de las emociones.
- Impulsar el aprendizaje cooperativo mediante el trabajo por equipos, haciendo partícipes a todos los miembros del equipo.
- Promover la adquisición de las competencias clave (ECD/65/2015, de 21 de enero) de forma transversal para avanzar hacia mejores resultados de aprendizaje.

4.3. Competencias

Con la puesta en práctica del proyecto se abordarán las competencias clave concretadas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. A continuación, se señalan los aspectos trabajados de cada competencia en las tres actividades planteadas:

Competencia en comunicación lingüística. El alumnado debe utilizar el lenguaje como instrumento de comunicación oral y escrita (en las actividades que requieren de informe), así como de interpretación y comprensión de la realidad para la construcción de su propio conocimiento y para la autoregulación de sus pensamientos y emociones.

En la actividad de argumentación, la comunicación oral es fundamental para poder articular argumentos. Además, los alumnos deben contrastar y valorar los argumentos presentados por otros, siendo imprescindible un diálogo y un intercambio comunicativo.

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. Los alumnos responderán sus dudas y construirán su conocimiento utilizando los conocimientos adquiridos y las pruebas disponibles. De este modo, tienen que dar significado a los datos e interpretarlos de forma correcta, analizando gráficos y representaciones matemáticas. Con esto, el alumnado debe elaborar juicios críticos y sustentados en pruebas sobre los hechos científicos y tecnológicos. Las tres prácticas científicas están representadas en esta competencia, que es crucial para que el alumno desarrolle con éxito el proceso de enseñanza aprendizaje.

Competencia digital. En las actividades propuestas, esta competencia se trabajará principalmente en la actividad de argumentación, pues es necesario conocer y situar las ondas electromagnéticas que rigen las comunicaciones actuales, su efecto sobre la salud y su evolución constante con el tiempo.

Competencia aprender a aprender. Esta competencia es fundamental en este proyecto, pues se espera que el alumno se motive en su propio aprendizaje. Es fundamental que el alumno se sienta protagonista del proceso y del resultado de su aprendizaje, y de que llegue a alcanzar las metas de aprendizaje propuestas. En la actividad de argumentación se espera desarrollar esta competencia, ya que contribuye a la regulación de los procesos de pensamiento al hacerlos públicos. De un modo similar ocurre en la actividad de modelización, en la que se explora el conocimiento epistémico de la ciencia, permitiendo un aprendizaje significativo.

Competencias sociales y cívicas. Se adquiere en la distribución de los alumnos por equipos, pues deberán ser capaces de saber aceptar críticas, y también de formularlas de forma asertiva para que el grupo trabaje de la mejor forma posible.

Además, en la actividad de argumentación, tendrán que argumentar de forma crítica, sobre una cuestión sociocientífica, escuchando a sus compañeros y dialogando, elaborando argumentos basados en pruebas y dejando de un lado los prejuicios.

Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor. En este aspecto, los alumnos deben ser capaces de trabajar de forma colaborativa en equipos, valorando las cualidades de liderazgo y delegación que cada alumno posee.

4.4. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables

Los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de las tres actividades propuestas se detallan en la Tabla 1. Como ya se ha explicado en el apartado de Contextualización, la actividad de indagación se utilizará cuando se desarrolle el *Bloque III. Los cambios*, la actividad de modelización con el *Bloque IV. El movimiento y las fuerzas*, mientras que la actividad de argumentación con el *Bloque I. La actividad científica*.

Tabla 1. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables cubiertos con las actividades propuestas.

BLOQUE III. LOS CAMBIOS		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Reacciones y ecuaciones químicas Cálculos estequiométricos	<p>1. Comprender el mecanismo de una reacción química y deducir la ley de conservación de la masa a partir del concepto de la reorganización atómica que tiene lugar.</p> <p>5. Realizar cálculos estequiométricos con reactivos puros suponiendo un rendimiento completo de la reacción, partiendo del ajuste de la ecuación química correspondiente.</p> <p>7. Realizar experiencias de laboratorio en las que tengan lugar reacciones de síntesis, combustión y neutralización, interpretando los fenómenos observados.</p>	<p>1.1. Interpreta reacciones químicas sencillas utilizando la teoría de colisiones y deduce la ley de conservación de la masa.</p> <p>5.1. Interpreta los coeficientes de una ecuación química en términos de partículas, moles y, en el caso de reacciones entre gases, en términos de volúmenes.</p> <p>5.2. Resuelve problemas, realizando cálculos estequiométricos, con reactivos puros y suponiendo un rendimiento completo de la reacción, tanto si los reactivos están en estado sólido como en disolución.</p> <p>7.2. Planifica una experiencia, y describe el procedimiento a seguir en el laboratorio, que demuestre que en las reacciones de combustión se produce dióxido de carbono mediante la detección de este gas.</p>

BLOQUE IV. EL MOVIMIENTO Y LAS FUERZAS		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Ley de gravitación universal	<p>9. Valorar la relevancia histórica y científica que la ley de la gravitación universal supuso para la unificación de las mecánicas terrestre y celeste, e interpretar su expresión matemática.</p> <p>10. Comprender que la caída libre de los cuerpos y el movimiento orbital son dos manifestaciones de la ley de la gravitación universal.</p>	<p>9.1. Justifica el motivo por el que las fuerzas de atracción gravitatoria solo se ponen de manifiesto para objetos muy masivos, comparando los resultados obtenidos de aplicar la ley de la gravitación universal al cálculo de fuerzas entre distintos pares de objetos.</p> <p>10.1. Razona el motivo por el que las fuerzas gravitatorias producen en algunos casos movimientos de caída libre y en otros casos movimientos orbitales.</p>
BLOQUE I. LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
La investigación científica.	1. Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución e influida por el contexto económico y político.	1.2. Argumenta con espíritu crítico el grado de rigor científico de un artículo o una noticia, analizando el método de trabajo e identificando las características del trabajo científico.

4.5. Atención a la diversidad

Es fundamental que todas las actividades tengan incorporadas estrategias para que los alumnos con mayores dificultades puedan realizarla con normalidad. Mediante el trabajo por equipos, se pretende favorecer el aprendizaje cooperativo. En él, se espera producir mejores aprendizajes no solo en las relaciones sociales, sino que también promueve la comprensión y un aprendizaje más autónomo. Se crearán agrupaciones heterogéneas que favorezcan un mayor aprendizaje, al obligar a explicitar y contrastar puntos de vista distintos, niveles de conocimiento y/o capacidades diferentes (Couso et al, 2020).

Hay que fomentar que todos los integrantes del equipo entienden lo que se está haciendo. Para ello, el profesor se asegurará de que todos participen.

4.6. Evaluación

✓ Procedimientos de evaluación

La evaluación de las tres actividades tendrá un carácter diagnóstico, al principio de cada actividad, y un carácter formativo durante y al final de la misma. Ninguna de las actividades tiene carácter sumativo, pues al ser una propuesta preliminar se espera valorar los resultados de aprendizaje sin la presión que supone la calificación. Además de esto, algunas actividades resultan difíciles de evaluar objetivamente, siendo la actividad de argumentación la más complicada. Si bien, se espera encontrar en los resultados académicos de las pruebas de evaluación sumativas una ligera mejora, causada por un aumento de la motivación en la asignatura. No obstante, y de cara a una progresiva incorporación de estas actividades en la programación de otros cursos, no se descarta la introducción de una evaluación sumativa.

Al tratarse de actividades diferentes, con organizaciones y metodologías diferentes, cada actividad se evalúa de una forma concreta. En el desarrollo de cada una se detalla la evaluación que se ha propuesto para dicha actividad.

Algo que, sin embargo, sí se contempla en las tres actividades, es la autorregulación del aprendizaje. Como se ha indicado en el marco teórico, el último paso de cada ciclo es la toma de conciencia de lo aprendido, donde tendrán que autorregular aprendizajes y emociones surgidas durante cada actividad.

✓ Evaluación del proyecto de innovación

Para la evaluación del proyecto se ha diseñado un cuestionario, que deberá responder el docente para cada actividad. Dicho cuestionario se encuentra en el Anexo III.

5. ACTIVIDAD DE INDAGACIÓN.

5.1. Estudio de la combustión de una vela en un recipiente cerrado. ¿Por qué entra agua?

En el trabajo científico es habitual que para un hecho o fenómeno puedan proponerse varias explicaciones. La construcción del conocimiento científico conlleva la selección de la mejor explicación de un fenómeno entre varias alternativas, en función del conocimiento y de los datos disponibles.

Para trabajar esta competencia, la elección entre explicaciones alternativas, se propone una actividad de laboratorio que figura en muchos libros de texto y otros materiales al tratar las combustiones. Se trata de analizar lo que ocurre cuando una vela que arde sobre agua es tapada con un recipiente. Los dos hechos más destacables que ocurren son: (1) que después de un cierto tiempo la vela se apaga y (2) que después de que se apague la vela, el agua entra en el recipiente hasta una cierta altura (Jiménez Aleixandre, 2009b)

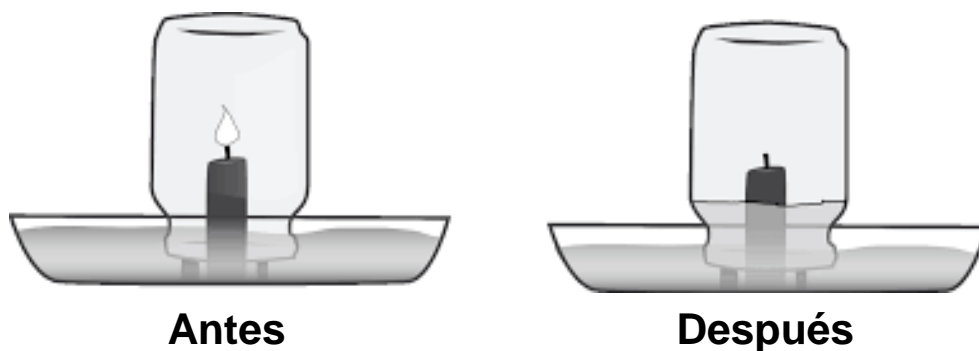


Figura 5. Ilustración gráfica del experimento, antes y después de encender la vela (Rudel, 2011).

En cuanto a la primera observación, la vela se apaga porque después de taparla, se queda sin oxígeno suficiente para continuar su combustión. El hecho y la explicación suelen ser familiares para el alumnado. Una vez hayan visualizado el experimento ejemplo, se les preguntará que creen que ha ocurrido, previo a conocer las dos posibles explicaciones que se plantean a continuación.

Para dar cuenta del ascenso del agua en el recipiente, proponemos dos explicaciones alternativas, entre las que el alumnado deberá escoger basándose en pruebas:

- (a) Al arder la vela se consume el oxígeno del interior del recipiente, y el agua ocupa su lugar ascendiendo por él.
- (b) Al arder la vela el aire del recipiente se calienta y se dilata. Cuando la llama disminuye y se apaga, el aire se enfría y se contrae, provocando el ascenso del agua.

Los alumnos deben elegir cuál de las dos explicaciones describe mejor los resultados del experimento. Para ello, se les proporcionará información complementaria: (i) composición porcentual de la atmósfera, (ii) mínima cantidad de oxígeno para que arda una vela, (iii) estequiometría de la reacción.

Para guiar la indagación, los alumnos deberán rellenar la ficha de la actividad (Anexos IV y V).

5.2. Objetivos de la actividad

Los objetivos de la actividad están relacionados con los objetivos metodológicos que implica la indagación, ya descritos en el marco teórico, por tanto, solo se incluirán los objetivos específicos de la actividad:

- (1) Decidir entre dos explicaciones alternativas cual es la que mejor se ajusta a los resultados obtenidos en la experimentación en el laboratorio.
- (2) Trabajar mediante equipos las tareas de indagación empleando las pruebas como el principal recurso para escoger entre distintos razonamientos.
- (3) Iniciarse en la indagación como forma de aprender la ciencia y el método científico.
- (4) Promover actividades en el laboratorio de Física y Química y enseñarles que el laboratorio es el lugar de trabajo de un científico.

5.3. Descripción de la actividad.

Organización y metodología

La clase se dividirá en grupos de 4 o 5 personas (en función de los recursos materiales del centro y del número de alumnos) y se les asignará un espacio en el laboratorio con el material preparado.

Desarrollo de la actividad.

A continuación, se detallan los pasos de la actividad propuestos:

Paso 1. El profesor explica a los alumnos en lo que va a consistir el experimento, y lo realiza con los alumnos de observadores. En este momento se inicia un debate para que cada alumno aporte sus opiniones sobre qué cree que ha ocurrido en el interior. Tienen que suponer que ha ocurrido, y dar argumentos para las dos observaciones ya comentadas anteriormente: (i) La vela se apaga y (ii) El agua entra en el recipiente cuando la vela se apaga. Transcurrido un pequeño debate, continuamos con la actividad.

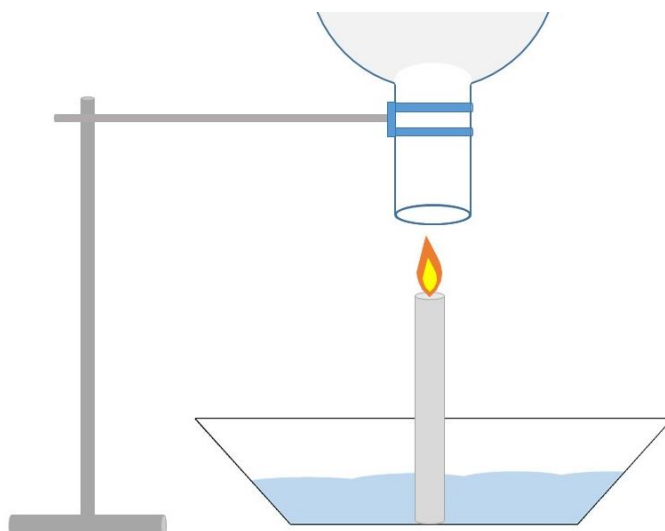


Figura 6. Ilustración del diseño experimental.

Paso 2. Cada equipo se coloca en los sitios ya preparados con el material preparado previamente. Los alumnos deben montar el experimento del mismo

modo que lo hizo el profesor. En la Figura 6 se muestra un ejemplo del diseño experimental.

Paso 3. Una vez tengan todos los equipos el diseño montado, y antes de encender la vela, se les entregará el informe de laboratorio (Anexo IV). Antes de comenzar el experimento tendrán que leerlo detenidamente, con la idea de que no pasen por alto ninguna observación durante el experimento. Una vez leído, se comparten y se apuntan en la pizarra las dos explicaciones propuestas en el informe:

- (a) Al arder la vela se consume el oxígeno del interior del recipiente, y el agua ocupa su lugar ascendiendo por él.
- (b) Al arder la vela el aire del recipiente se calienta y se dilata. Cuando la llama disminuye y se apaga, el aire se enfría y se contrae, provocando el ascenso del agua.

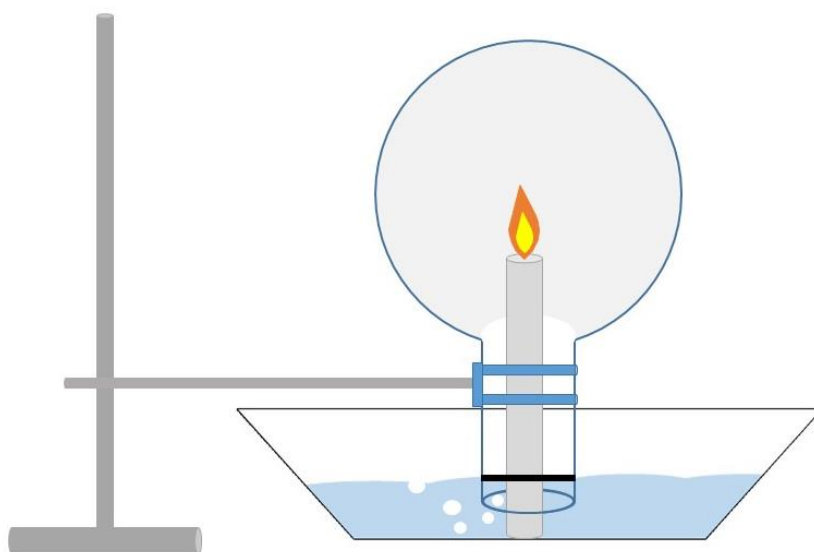


Figura 7. Se observa a la altura del agua una marca con rotulador.

Paso 4. Comienza el experimento. Los equipos realizan el experimento fijándose y poniendo máxima atención a todo lo que puedan observar. Hay que resaltar que una vez que se baje el matraz, con la vela encendida dentro y sumergido en el agua, deberán rápidamente señalar con un rotulador la posición del agua con respecto al matraz (Figura 7). En caso de que el experimento resulte fallido o no hayan observado todo lo que el informe señala, podrán repetir el experimento (cuidado con esto; para reproducir las

mismas condiciones que al principio deberán secar y renovar el aire del matraz cuidadosamente).

Cuando la vela se apague, el agua subirá y los alumnos deberán marcar hasta donde ha subido el agua, como se expresa en la Figura 8.

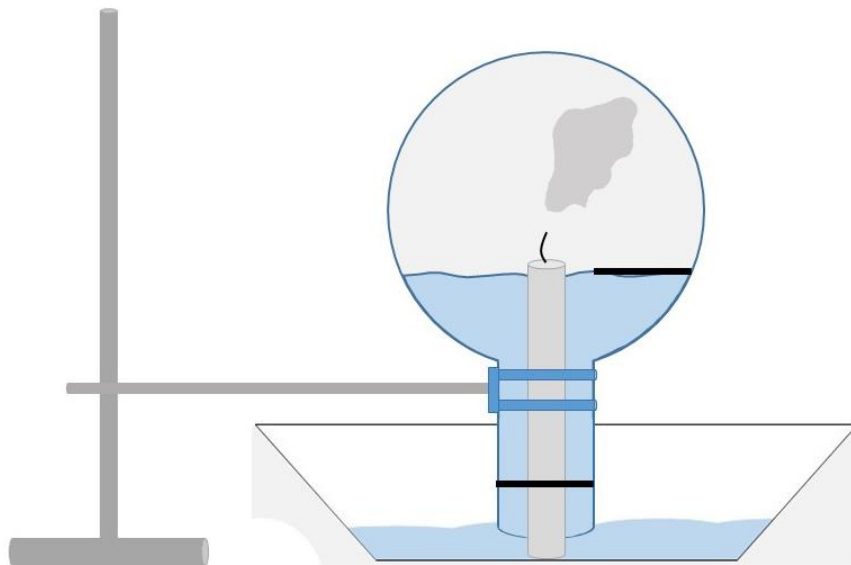


Figura 8. Momento final del experimento. La vela se ha apagado y el agua ha subido por el matraz, marcando con un rotulador el nivel final del agua.

Paso 5. Los alumnos calcularán cuanto volumen de agua ha subido por el matraz y comenzarán a responder el informe de laboratorio. En este momento, se les entregará las actividades complementarias al informe.

Paso 6. Una vez hayan finalizado los informes, se pondrán en común los resultados y se corregirán entre todos y con la ayuda del profesor. Los alumnos deben valorar en qué se han equivocado y resolver sus dudas. Si los resultados son diferentes, deberán razonar de forma congruente y coherente dichas anomalías.

Análisis de los resultados

En ambos informes se pide al alumnado que compruebe si las observaciones pueden o no ser explicadas por las dos alternativas. Luego se solicita que escojan la mejor.

En cuanto a la explicación de la observación 1, la salida de burbujas de aire por debajo al tapar la vela con el matraz y mientras la llama arde, solo es compatible con la explicación *b*, la dilatación del aire a causa de la llama. Según *a*, mientras hay llama se consume el oxígeno, y cuanto mayor sea la llama, mayor debe ser la velocidad a la que se consume. El volumen de gas del matraz debería disminuir, no aumentar.

En la observación 2, que el agua empieza a entrar al disminuir el tamaño de la llama y continúe entrando con la llama apagada solo es compatible con *b*: el aire se enfría y se contrae. La *a* no puede explicar que entre agua con la llama apagada.

La tercera observación, que el agua ocupe un 20% del matraz puede ser explicada por las dos teorías. Según *a*, dado que el aire tiene el 21% de oxígeno, si se consume todo, debemos esperar una disminución del 21% del volumen. El valor del orden del 20% es aceptable dado el margen de error del experimento. Para *b*, una contracción de volumen del 20% supone un enfriamiento del gas del orden de 75 °C, que puede darse.

En la actividad extra, el primer dato, que las velas se apagan cuando el porcentaje de oxígeno desciende a un 15% (Rudel, 2011), solo es compatible con *b*. El aire tiene un 21% de oxígeno, y si la vela se apaga cuando baja al 15%, debemos esperar una disminución del 6% del volumen. Se refuerza la conclusión de que *a* no es compatible con las observaciones 1 y 2, y hace que la observación 3, que sí era compatible con *a* (suponiendo que se consumía todo el oxígeno) deje de serlo.

El segundo dato complementario, que puede proporcionarse al alumnado que haya trabajado el ajuste de reacciones y estequiometría, refuerza también la

explicación *b*, dado que la mitad de la disminución de volumen debida a la desaparición de oxígeno quedaría compensada por la aparición de CO₂.

Recursos

Los recursos materiales que se precisan para realizar la actividad varían en función del número de alumnos por clase. Suponiendo que la clase es de 24 alumnos, los recursos son:

- 7 matraces aforados de 1 L.
- 7 velas estrechas alargadas.
- 7 vasos de precipitados, recipientes o cuencos de vidrio.
- 2 mecheros.
- Rotuladores para etiquetar los niveles de agua inicial y final en los matraces
- Soportes para los matraces

Todo esto se realizará en el laboratorio de Física y Química del centro.

5.4. Evaluación de la actividad

Para la evaluación de la actividad se evaluarán los informes poniendo especial atención a los razonamientos. Los informes serán corregidos por sus propios autores en la puesta en común de la actividad, descrita en el Paso 6. Lo que se valorará más positivamente será si en sus argumentos aportan pruebas o si, por el contrario, argumentan con prejuicios o ideas mal preconcebidas. La evaluación será eminentemente formativa.

6. ACTIVIDAD DE MODELIZACIÓN

6.1. Modelización con corporeización: el sistema solar a escala.

En esta actividad se pretende que los alumnos hagan una representación a escala del Sistema Solar a partir de los datos de las distancias de los planetas al Sol (D) y del diámetro de los planetas (d). En la tabla 1 se incluyen los datos que se les darán a los estudiantes.

En esta actividad, los alumnos visualizarán mediante la modelización el tamaño y las distancias del Sistema Solar a escala, lo que es útil para que los alumnos puedan visualizar el tamaño y las distancias de los astros que forman nuestro Sistema Solar. Además, esto nos permitirá detectar las dificultades o las ideas previas que los estudiantes tienen al trabajar con las magnitudes del Sistema Solar que no son intuitivas al ser mucho mayores a las utilizadas en la vida cotidiana.

Tabla 2. Datos de las distancias del sistema Solar. D corresponde a la distancia promedio al Sol en millones de kilómetros y, d el diámetro del planeta en kilómetros. El diámetro del Sol es de 1.392.000 km.

	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno
D (10 ⁶ km)	58	108	150	228	778	1.427	2.871	4.497
d (km)	4.870	12.103	12.756	6.786	142.984	120.536	51.118	49.528

Además, dada la disparidad de estas magnitudes, esto obliga a los alumnos a reflexionar sobre las características del modelo. Por ejemplo, si deciden que en el modelo 10.000 km (aproximadamente el diámetro de la Tierra) equivalen a un cm, una simple proporción muestra que Neptuno se encuentra a 4,4 km. Esto son distancias urbanas. Así, p. e., si situamos el Sol en el parque Gallarza de Logroño, Neptuno acabaría en Villamediana.

Por ello, para situarlo a distancias escolares, es conveniente utilizar dos escalas, una para la D y otra mil veces mayor para la d, pero por eso mismo no

es muy adecuado. Por tanto, para poder realizar la actividad es conveniente que los estudiantes midan la distancia más larga en el centro (una valla exterior, por ejemplo) y la hagan proporcional a la distancia de Neptuno. Así, si la valla mide 225 m, tendremos para el Sol un diámetro de 70 mm y para la Tierra un diámetro de 0,64 mm, como la cabeza de una aguja. Así pues, para visualizar correctamente los dos tipos de escala, de distancia al Sol (D) y de tamaños (d), se realizaron dos modelizaciones, una con los datos de D y otra con los de d . Para la D , se tomó la medida más larga del patio del centro y se comparó con la distancia del Sol a Neptuno. Para la d , se tomó un globo de 90 cm de diámetro como el radio del Sol.

Esta actividad está basada en la actividad recogida en el libro “Propuestas de educación científica basadas en la indagación y modelización en contexto” (Solbes, Jiménez-Liso, Pina, 2019) y se ha modificado en su adaptación a un aula de 4º de ESO.

6.2. Objetivos de la actividad

Los objetivos metodológicos que implica la modelización se describieron en el marco teórico (ver *Marco teórico*, pág). Dentro del contexto de la asignatura, los objetivos concretos de esta actividad son:

- (1) Visualizar mediante la modelización el tamaño y las distancias del Sistema Solar a escala.
- (2) Fomentar el trabajo cooperativo entre los equipos, favoreciendo que los alumnos adquieran un sentido de competencia y se impliquen más en la tarea sobre todo si tienen un cierto grado de autonomía en sus decisiones.
- (3) Realizar actividades en contextos diferentes al aula.
- (4) Trabajar las magnitudes y las proporciones en longitud a escalas macro.

6.3. Desarrollo de la actividad.

La actividad se realizará en el patio del centro. La clase se dividirá en 4 equipos y cada equipo tendrá que modelizar lo que más se ajuste a la realidad, el equipo que mejor lo realice gana.

La actividad se ejecutará en dos sesiones de 50 minutos, y a continuación se detallan los pasos a seguir en cada una de ellas.

- (1) En la primera sesión, se les dividirá por equipos (4 equipos; rojo, azul, verde y amarillo) y tendrán que hacer los cálculos necesarios para transformar las distancias reales en distancias de “patio”. Para ello, bajaremos al patio, mediremos la distancia más larga de punta a punta (aproximadamente), y subiremos de nuevo al aula. En el aula, cada equipo calculará las distancias en escala, con la ayuda, si la situación lo requiere, del profesor. Se realizará una escala de distancias al sol, y otra de tamaños (escogiendo como el sol un globo de 90 cm).
- (2) En la segunda sesión, con los datos calculados a escala, tanto de las distancias al Sol como del tamaño de los planetas, bajaremos al patio y comenzaremos la modelización.
 - a) En primer lugar, se modelizarán las distancias al sol de los planetas. Para ello, cada equipo pondrá en distintas distancias (sobre una línea recta, como si todos estuvieran alineados con el Sol) donde le correspondería a cada planeta estar. Cada equipo pondrá en el lugar del planeta un cartel de su color con el nombre del planeta. El profesor deberá saber las distancias y corroborará lo que ha puesto cada equipo. El equipo que más aciertos tenga, gana la primera prueba.
 - b) En segundo lugar, se modelizarán los tamaños con respecto al Sol, partiendo de que el Sol es una esfera de 90 cm de diámetro. Para ello, dispondrán de una caja con diferentes esferas de diámetro, p. e., pelotas de tenis (6,6 cm), pelotas saltarinas (3 cm), pelotas de pin pong (4cm), bolas de pistola de bolas (6 mm), etc. de las que tendrán que escoger la que más se ajuste al tamaño de cada planeta a escala. Nuevamente, el equipo que mejor se ajuste a los resultados ganará.

6.4. Análisis de los resultados

A continuación, se valorarán las posibles complicaciones y dificultades que puedan surgir en la actividad.

En primer lugar, la primera complicación puede derivarse de los cálculos matemáticos para representar el Sistema Solar a escala, con distancias de patio. Con este ejercicio, los alumnos tienen que concienciarse de las enormes distancias con las que están trabajando. Con esto, se introducirán conceptos como de magnitudes como UA, Unidades Astronómicas.

En segundo lugar, hay que destacar la posible complicación que pueda derivarse para que los alumnos entiendan la diferenciación de las dos escalas, una sobre las distancias, y otra sobre los tamaños de los astros. Como se ha explicado, es prácticamente imposible realizar una escala que unifique ambos criterios, pues los planetas más pequeños apenas podrían verse a simple vista. Por ende, se debe emplear el tiempo necesario para que comprendan correctamente porque se hace diferenciando la d de la D (Tabla 2).

Finalmente, y a modo de reflexión, se extrapolarán las distancias del Sistema Solar calculadas a las de la Vía láctea, y otras estrellas cercanas, que poseen su propio “Sistema Solar”. Para ello, se introducirá la unidad de longitud de año luz.

6.5. Recursos

Los recursos necesarios para realizar la actividad son de bajo coste y puede localizarse en papelerías y jugueterías:

- 8 folios de colores. Uno por cada equipo: rojo, amarillo, azul y verde
- 5 pelotas de tenis
- 5 pelotas de ping pong
- 10 canicas
- 20 bolas de pistola de bolas
- 4 balones de futbol
- 1 globo grande de inflar (90 cm de diámetro)

6.6. Evaluación de la actividad

Tras haber finalizado la puesta en práctica de todos los equipos, y habiendo corroborado cuales han acertado y cuáles no, subiremos al aula para hacer un repaso de todo lo aprendido. La última fase de los tres ciclos (indagación, modelización y argumentación) es la toma de conciencia de lo aprendido, cómo y qué emociones han vivido en el proceso. Una vez concluidas las prácticas en el patio, ahora los alumnos deberían tener una idea a escala, de las distancias que suponen el Sistema Solar, siendo éste una pequeña parte de nuestra galaxia. Con ello, se pretende hacer una reflexión final de lo aprendido y valorar las distancias que hay, a nivel general, en nuestra galaxia, y en el Universo.

7. ACTIVIDAD DE ARGUMENTACIÓN

7.1. Detección de bulos. Evaluar argumentos de autoridad a la luz de las pruebas.

En esta actividad se evaluarán *argumentos de autoridad* para verificar su veracidad y detectar bulos. Los alumnos identificarán los supuestos en los que se basan los argumentos, contrastándolos con pruebas o evidencias científicas. Así, trabajaremos la competencia científica de la capacidad de evaluar argumentos.

El caso de estudio a estudiar es la conferencia del médico estadounidense Thomas Cowan de marzo de 2020 en la que describe los virus como excrecencias de las células, asocia distintas pandemias con avances tecnológicos (*salto “cuántico” en la electrificación de la Tierra*) y en particular postula que del COVID-19 está causada por el despliegue 5G (Cowan, 2020).



Figura 9. Imagen del video Thomas Cowan - Conferencia final sobre el 5G y sus efectos en la salud humana que utilizaremos en la actividad.

7.2. Objetivos de la actividad

Los objetivos metodológicos que implica la argumentación se describieron en el marco teórico (ver *Marco teórico*, pag). En esta actividad se trabajarán las siguientes competencias/habilidades/destrezas dentro de este marco teórico:

- (1) Promover el pensamiento crítico mediante la reflexión y la refutación de las pruebas aportadas por un argumento de autoridad.
- (2) Fomentar la detección de bulos mediante el análisis de datos y pruebas que están infundadas o que carecen de investigación que la respalde.
- (3) Establecer una diferencia entre correlación y causalidad, siendo esta la principal forma en que se nutren las “pseudociencias”, bulos y teorías de la conspiración.

7.3. Desarrollo de la actividad.

La actividad se realizará en pequeños grupos, de unos 3 ó 4 integrantes.

Una vez formados los equipos se dividió la actividad en las siguientes tareas:

Paso 1. Visionado del vídeo *Thomas Cowan - Conferencia final sobre el 5G y sus efectos en la salud humana* (Cowan, 2020)

Paso 2. Se realizará una síntesis del avance de las telecomunicaciones en la telefonía móvil, situando el 5G en el espectro electromagnético. Para ello, el profesor esquematizará en la pizarra la situación del 5G en el espectro, así como su ancho de banda. En la Figura 10 se encuentra una descripción del esquema.

Paso 3. Análisis del video. En esta etapa los alumnos identificarán las tesis del ponente y los argumentos principales que el autor utiliza para defender su tesis. El profesor guiará dicho proceso.

Las tesis principales son (1) las ondas electromagnéticas de telecomunicaciones afectan a la salud de las personas pudiendo provocar

cáncer, (2) cada gran epidemia ha sido provocada por un “salto cuántico” en la electrificación de la Tierra, concluyendo que hay una relación entre la aparición del COVID-19 y la expansión del 5G.

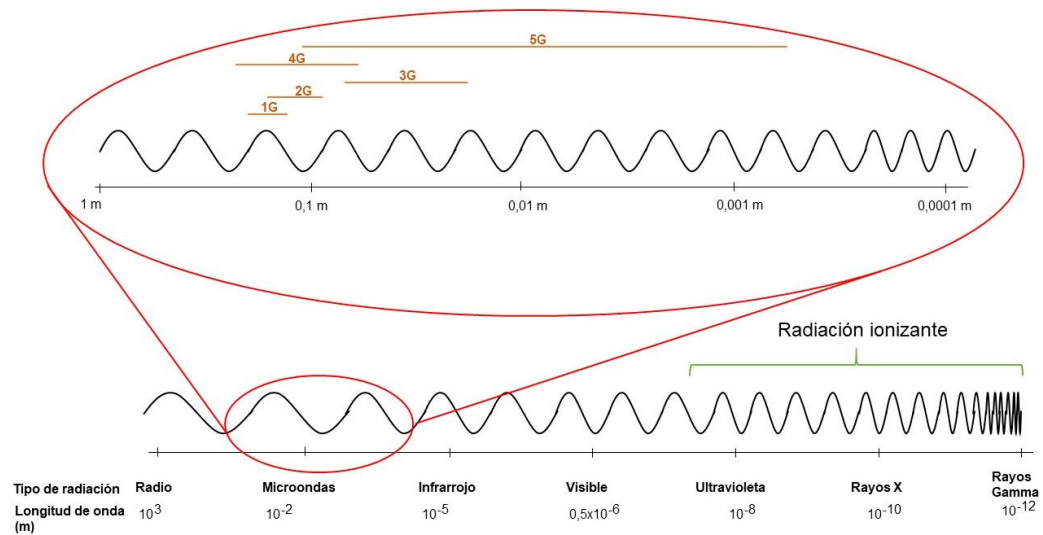


Figura 10. Esquema de la frecuencia que han adquirido las distintas “generaciones” de telefonía móvil (Universidad Internacional de Valencia, 2016).

Paso 4. Análisis y discusión de las evidencias propuestas para corroborar sus tesis. Como primer paso se les propone a los equipos que lean dos artículos: uno sobre las grandes pandemias de la historia, publicado en National Geographic y al que puede accederse libremente en la red (Pané, 2020); y el otro un extracto de la SEOM sobre el número de cánceres en los últimos 16 años (Sociedad Española de Oncología Médica, 2020, p. 11 y 12)

Tras examinar los artículos anteriores y los contenidos aprendidos sobre el espectro electromagnético (Figura 10), deberán evaluar estos materiales en términos de si constituye una prueba a favor o en contra de sus principales tesis del Dr. Cowan (Anexo I)

Cada equipo valorará qué tipo de datos serían necesarios para validar las afirmaciones.

Paso 5. Se realizará una puesta en común grupal y cada equipo compartirá sus conclusiones y, posteriormente, se valorará lo aprendido individualmente (Anexo II).

Para llevar a cabo esta tarea, el alumnado necesita: 1) Comprender qué es una onda electromagnética, cómo se propaga, qué efectos puede producir en función de su frecuencia, energía, intensidad, etc. y situar el 5G en el espectro; 2) Conectar las informaciones (artículos y contenidos aprendidos) con las afirmaciones, en otras palabras, identificar pautas en las informaciones; 3) Identificar criterios relevantes para evaluar pruebas, necesarios para llevarla a cabo el paso 4. Esta tercera dimensión está relacionada con el metaconocimiento o conocimiento sobre la naturaleza de las pruebas; 4) Debatir entre los equipos y elegir por consenso los argumentos que están basados en pruebas y justificaciones.

Organización, metodología.

La actividad se desarrollará en dos sesiones. En la primera se realizarán los pasos 1, 2 y 3, descritos en el apartado anterior. En la segunda sesión se realizará el resto de la actividad, los pasos 4 y 5. Si es necesario se visualizará el vídeo nuevamente.

Los alumnos se dividirán en grupos de 3 o 4 personas, y se les entregará un modelo de ficha de actividad a cada equipo (Anexo I).

Los recursos necesarios para llevar a cabo la actividad son: (1) ordenador con proyector; (2) Una impresión de cada artículo para cada equipo; (3) una impresión del modelo de ficha de actividad y (4) un cuestionario de evaluación por alumno.

Análisis de la actividad.

En este apartado se examinan algunas posibles dificultades que puede tener el alumno para realizar la actividad. El vídeo se hizo viral en todo el mundo, realizándose varias traducciones y fue compartido por las redes sociales. Por ende, es necesario cuestionarse como interpretan estas afirmaciones el público en general, y si serían capaces de evaluarlo críticamente y de recuperar información para ponerlo en cuestión.

Tras el visionado del vídeo, se realizará un debate para extraer las principales conclusiones que pueden ser tratadas en clase. Para ello será necesario la guía del profesor, con el fin de centralizar el tema de debate en los aspectos más interesantes desde el punto de vista de la asignatura. Es aquí donde el profesor debe evaluar los prejuicios y conocimientos previos que posee el alumnado, para, en caso de que fuera necesario, hacer mayor hincapié en algunos conceptos.

En el Paso 4, el alumno tiene que asociar el artículo “Grandes pandemias de la historia” y el extracto de la SEOM sobre la evolución del cáncer en los últimos 16 años con pruebas para refutar las dos principales afirmaciones. En primer lugar, el alumno debe saber qué parte del espectro electromagnético tiene radiación ionizante capaz de romper enlaces de nuestro ADN. En segundo lugar, el alumno debe saber situar el 5G en el espectro electromagnético, para finalmente aportar conclusiones (radiofrecuencias y microondas). Con el artículo de National Geographic se espera que el alumnado relacione que ha habido grandes pandemias en la historia en momentos en los que no había radiación electromagnética. Con el de la SEOM, se espera que el alumnado no relacione el aumento de las radiofrecuencias con el aumento del número de cánceres, ya que se observa una recta sin variación en los últimos 16 años.

Por último, se pide a los alumnos que propongan pruebas adicionales que ellos consideren que puedan refutar completamente dichos argumentos. Con esta pregunta, se espera que el alumnado apele a estudios a largo plazo sobre la salud y las ondas electromagnéticas no ionizantes. En este último caso, la

OMS refiere que no hay evidencia de que las señales de Radiofrecuencias a baja intensidad produzcan efectos sobre la salud.

7.4. Evaluación de la actividad

Para valorar la calidad de la argumentación, es decir, que argumentos son mejores que otros y como se progresa en la competencia argumentativa, partimos de la idea que propone Jiménez-Aleixandre (2010) en la que considera que un buen argumento, además de apoyarse en las pruebas pertinentes, tiene en cuenta los argumentos opuestos. En otras palabras, además de aportar pruebas para sustentar las conclusiones y opciones propias, debe considerar las hipótesis alternativas, llegando a cuestionar las pruebas que las apoyan. La evaluación será individual y colectiva. Para la primera se rellenará un cuestionario que se incluye en el Anexo II; la evaluación colectiva se realizará poniendo en común los resultados de cada equipo y con un diálogo de clase, exponiendo los argumentos que ha planteado cada equipo en su ficha de actividad (Anexo I)

7.5. Propuestas de mejora de la actividad

La argumentación en cuestiones sociocientíficas, como este caso presentado, presenta un fuerte carácter interdisciplinario. Por ello, proponemos realizar la actividad en colaboración con los profesores de Lengua Castellana y Literatura, de Biología y Geología y de Geografía e Historia. En los tres casos, hay contenidos sólidos para trabajar en cada asignatura. La idea sería que cada profesor, tras visualizar el vídeo, aplicara de la mejor forma posible los contenidos presentes en su asignatura. Para ello, todos los profesores acordaríamos cómo y cuándo explicar cada contenido. A continuación, propongo brevemente algunos conceptos que pueden ser aplicados por su relación con la asignatura.

En el caso de Lengua Castellana y Literatura, es fácilmente contextualizable con la asignatura con el *Bloque I. Comunicación Oral*, establecida en el Decreto 19/2015, de 12 de junio. En dicho Bloque, el Estándar de aprendizaje 1.5 dice lo siguiente

“Distingue entre información y opinión en mensajes procedentes de los medios de comunicación y entre información y persuasión en mensajes publicitarios orales, identificando las estrategias de enfatización y expansión.”

Los alumnos deben identificar qué tipo de argumentos utiliza el autor, y si aporta información (pruebas) u opinión.

En el caso de Biología y Geología, hay varias afirmaciones que realiza el autor y que pueden ser examinadas y explicadas en el aula. Algunas de ellas a valorar son (1) los virus son excreciones de una célula intoxicada; (2) Experimentos que demuestran que la gripe española no se contagia y (3) El coronavirus se expandió por todo el mundo en sólo dos semanas. Estas son algunas afirmaciones que pueden ser de estudio interesante para trabajar con los alumnos en esta asignatura. Esta actividad puede ser enmarcada en el *Bloque IV. Proyecto de investigación*, con el fin de recabar información y presentar un conjunto de resultados que presenten evidencia sobre los argumentos del autor.

En la asignatura de Geografía e Historia, se pueden examinar algunas de las grandes pandemias de la Historia, tal y como se expresa en el documento de National Geographic (Pané, 2020). De hecho, podrían examinarlo en la clase de historia previo al diálogo de argumentos en la clase de Física y Química, como se ha establecido en el Paso 5.

8. CONSIDERACIONES FINALES

8.1. Algunas reflexiones sobre la aplicación de la metodología AIM

Este trabajo propone una serie de actividades para la incorporación en la práctica docente de la enseñanza de las ciencias de la metodología de “enseñanza como práctica científica”. Entendemos que esta metodología facilita el cumplimiento de uno de los objetivos principales de la educación tal y como indica el preámbulo de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre (LOMCE):

“El alumnado es el centro y la razón de ser de la educación. El aprendizaje en la escuela debe ir dirigido a formar personas autónomas, críticas, con pensamiento propio.”

La integración de prácticas científicas en el aula de ciencias pretende situar al alumno como actor principal del proceso de enseñanza aprendizaje. Según diversos informes (Rocard et al, 2007, National Research Council, 2000) los métodos deductivos propios de la enseñanza tradicional no consiguen atraer el interés del alumnado y, por tanto, se hace imprescindible un cambio de paradigma en nuestra comprensión y análisis de la enseñanza centrada en la práctica científica escolar. Con la indagación, el alumno aprende de forma más activa, autónoma, y motivada sobre una idea científica cuando indaga sobre ella (Couso, 2020). En la modelización, el objetivo principal es “desarrollar explicaciones defendibles de cómo funciona el medio natural” (Windschilt et al, 2008, citado en Couso, 2014). Por último, las propuestas de argumentación son especialmente interesantes por el énfasis que se le da, sobretudo, al hecho de que los alumnos compartan y, por tanto, expliciten, negocien y evalúen las ideas que construyen.

No obstante, no siempre se consiguen los objetivos, en algunas ocasiones, las actividades no se plantean correctamente, y existe el riesgo de restar importancia a los contenidos científicos y al aprendizaje epistémico de la ciencia.

A continuación, revisamos algunos de los problemas que se han observado en el desarrollo de actividades basadas en la indagación y que tienen un efecto importante sobre la efectividad de este tipo de actividades (Couso, 2014):

1. Indagación solo para aprender a indagar

Un riesgo de las actividades de indagación que se realizan en el aula es carecer de un contenido conceptual claro y comunicar un contenido epistémico pobre e inadecuado.

El principal objetivo de la indagación es enseñar a indagar en ciencias, de forma que se parezca a la práctica científica de indagar, no a indagar “en general”. Un problema que se encuentra en la literatura sobre indagación (Couso, 2014) es que se confunde *investigable* por *científico*, y en consecuencia, se destaca la importancia de la *investigabilidad* de las preguntas que los alumnos proponen (el hecho de que se puedan obtener pruebas para responderlas), frente a su *cientificidad* (que se puedan relacionar esas pruebas con una idea científica clave).

2. Confundir estar involucrado y activo físicamente con estar motivado y activo intelectualmente.

La motivación del alumnado supone una mejora notable por parte de la IBSE con respecto a la enseñanza tradicional. Sin embargo, cabe preguntarse cuál es la clave de esta mejora, y si se debe a la aplicación de una versión adecuada o inadecuada de IBSE. Es decir, citando a Couso (2014), *si resulta motivador e involucrante el participar en una indagación focalizada en aprender tanto práctica científica como conceptos, con énfasis en las actividades cognitivo-discursivas, bien regulada por el docente y que comunica una imagen de ciencia adecuada. O, por el contrario, si la motivación está asociada a una indagación meramente manipulativa (conocido comúnmente como “jugar con cacharritos”), poco dirigida (los alumnos se preguntan lo que les parece y buscan respuestas como les parece) y superficial (donde predomina el ensayo y error y la descripción directa de lo observado como conclusión).*

3. Sobrevalorar los procedimientos y la observación empíricas, y minusvalorar los conceptos y teorías subyacentes.

Una de las críticas más serías que se hacen a las propuestas IBSE en general, es el escaso, inadecuado y/o epistemológicamente incorrecto papel que dan a la dimensión conceptual y teórica respecto a la procedimental y empírica. Algunas limitaciones de este tipo discutidas por Viennot (2011) pueden ser *reducir la enseñanza a unos pocos, casi rituales, experimentos sencillos de control de variables que permiten extraer conclusiones fácilmente*. Frente a estas propuestas de IBSE centradas en la elaboración de explicaciones locales inducidas de las pruebas, se plantean otras formas de indagación más centradas en el conocimiento científico conceptual. Un ejemplo de estas son las que mezclan indagación con argumentación (como la actividad propuesta de indagación en esta memoria) o la indagación centrada en modelizar, propuesta por algunos autores como Couso (2014).

En cuanto a la modelización y la argumentación, son metodologías más innovadoras y no tienen tanto recorrido en la práctica como la indagación. Es por eso que, el análisis no puede ser tan exhaustivo como en el caso anterior. No obstante, se pueden extraer algunas limitaciones desde el punto de vista práctico que supone su incorporación inmediata en el aula. El tiempo de preparación de las actividades por parte del docente es el primer obstáculo que dificulta su puesta en práctica. A la ya complicada adaptación del currículo a los horarios de cada asignatura, se le suma la posibilidad de incorporar metodologías innovadoras, que requieren tiempo para su preparación, organización y ejecución. Además, el alumnado no suele acostumbrar a realizar este tipo de actividades y requiere un tiempo extra de adaptación, sea a los nuevos espacios (clase en el laboratorio, patio, etc.) como al nuevo tipo de actividades (creación de modelos, reflexión sobre argumentos basados en pruebas, uso de los instrumentos del laboratorio, ...).

La formación del profesorado debe ser un aspecto clave para emprender dichas metodologías. En la literatura se suele reportar como demandante para

el profesorado en términos de conocimiento científico y epistémico las propuestas de indagación, modelización y argumentación. Estas propuestas requieren del profesorado una enculturación en las prácticas no solo de indagar, modelizar y argumentar, sino también competencia en crear situaciones de enseñanza-aprendizaje y evaluación de ciencias indagando, modelizando y argumentando. Además, el conocimiento necesario por parte de los docentes para enfrentarse a este reto es profundo en términos epistemológicos y didácticos (Couso, 2014).

Para que la “enseñanza como práctica científica”, tales como la incorporación de secuencias de enseñanza-aprendizaje AIM sea eficaz, conviene que no se tome ninguna de estas propuestas como “único modelo curricular”. De acuerdo con Couso (2014), la variedad de propuestas no solo es inevitable sino, convenientemente justificada y utilizada, deseable. En este sentido, la diversidad de maneras de entender una enseñanza de las ciencias como práctica científica que enfatice diferentes prácticas y sus interrelaciones servirá para enriquecer el área.

Con ello, y finalizando la reflexión, me gustaría mostrar mi convencimiento de que no existe la panacea para solucionar el problema de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias para cada alumno, tiempo y lugar. No obstante, como indica Couso (Couso, 2014), deberíamos llegar a un consenso sobre la necesidad de evaluar seriamente los resultados de las propuestas en términos de ganancias o aprendizaje de los alumnos, tanto de ciencia como sobre ciencia, porque si bien no hay soluciones universales, sí hay soluciones que prueban ser mejores que otras.

9. CONCLUSIONES

En la actualidad, en nuestro país, existe una importante brecha entre la investigación y las prácticas educativas. Para reducir la brecha entre investigación y práctica, debemos tratar de integrar la experiencia profesional de los docentes con la evidencia proveniente de la investigación, por lo que el papel de los profesores resulta crucial. Las estrategias educativas basadas en la evidencia pueden contribuir, en gran medida, a mejorar los resultados de los estudiantes y a una optimización de los recursos destinados a aquellas, proporcionando una enseñanza científica equitativa y de calidad centrada en los resultados.

Este Trabajo de Fin de Máster tiene por objetivo revisar algunas de las estrategias educativas presentes en la investigación actual en didáctica de las ciencias y proponer una intervención didáctica para un aula de 4º de ESO, en la asignatura de Física y Química. Dicha intervención integra prácticas científicas de Argumentación, Indagación y Modelización en forma de tres actividades, una para cada metodología que serán introducidas en la programación didáctica.

Numerosas investigaciones y estudios en didáctica de las ciencias demuestran que las metodologías basadas en la indagación tienen una incidencia positiva sobre la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, el desarrollo de competencias y destrezas de investigación y la comprensión conceptual de contenidos relacionados con la ciencia. El alumno aprende de forma más activa, autónoma y motivada sobre una idea científica cuando indaga sobre ella. Es por ello, que la mejor manera de aprender ciencia es practicándola. En la actividad propuesta, el alumnado tiene que elegir entre dos explicaciones cuál es la que mejor se ajusta a las pruebas, argumentado sus razones y valorando sus concepciones previas a la realización del experimento. Debido a la necesidad de argumentar, la actividad se puede considerar como *Indagación Orientada a Argumentar* (ADI, por sus siglas en inglés).

La Modelización en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales se presenta como una estrategia capaz de asegurar un aprendizaje significativo. La estrategia de modelización aparece como un punto clave en el marco de la enseñanza de las prácticas científicas, ya que ésta lo es también en la actividad científica cotidiana. Además, el modelo se hace aún más necesario cuando se da la imposibilidad de ver directamente el sistema objeto de estudio porque se aparta mucho de la escala humana. Es el caso de la actividad propuesta, en la cual los alumnos tienen que simular (mediante corporeización) el Sistema Solar a escala. La corporeización tiene como pieza clave la necesidad de conectar con muchas más propiedades del modelo que si se usan otro tipo de representaciones, como dibujos o maquetas. La construcción de modelos en sí misma permite a los alumnos interaccionar con sus ideas previas, uno de los retos más importantes que ha de incorporar la enseñanza de las ciencias.

Las prácticas científicas basadas en la argumentación contribuyen a competencias básicas (aprender a aprender) y objetivos generales de la educación (formación de ciudadanos responsables). Forma parte de la competencia científica, ya que el uso de pruebas (junto con la argumentación) es una de las tres capacidades que construyen la competencia científica, según la evaluación PISA y los documentos curriculares. De este modo, la argumentación contribuye a objetivos relacionados con la participación en prácticas científicas, fomentando la cultura científica. Es en este último ámbito en el que se enmarca la actividad de argumentación planteada en esta memoria. En ella, los alumnos deben evaluar los argumentos de autoridad emitidos por un doctor en una conferencia médica. En esta actividad, se pone a prueba la capacidad para distinguir conclusiones sustentadas en datos de meras opiniones que pueden estar basadas en prejuicios.

Para finalizar esta memoria, me gustaría citar una reflexión que realiza Sacristán (Couso et al, 2020; pag 7):

Es urgente enseñar ciencia con ciencia. No se trata tan solo de generar más vocaciones científicas entre las nuevas generaciones de alumnos y alumnas. Inculcar los valores de la ciencia sirve, sobre todo, para formar

ciudadanos más críticos, personas que, en un mundo inundado por la demagogia y las noticias falsas, sean capaces de pensar por sí misma y elegir con criterio y libertad. Enseñar ciencia con ciencia es fomentar la mentalidad científica de la sociedad, un requisito indispensable para el avance de nuestra cultura y nuestra democracia. Enseñar ciencia es, en definitiva, enseñar a pensar.

10. REFERENCIAS

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30 (3), 155-166. Recuperado de: <http://doi.org/10.14483/23448350.12288>

Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Oficina de Referencia. (2014). Guía para citar y referenciar. APA Style. Recuperado de <http://goo.gl/0CSj5G>

Böttcher, F. y Meisert, A. (2011). Argumentation in Science Education: a model-based framework. *Science & Education*, 20, pp. 103-140. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-010-9304-5>

Buckley, B. C. (2012). Model-based teaching. En N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (Vol. 5, pp. 2312-2315). New York: Springer.

Clement, J. J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/095006900416901>

COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) (2011). Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. Disponible en línea: http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf.

Couso, D., Jimenez-Liso, M.R., Refojo, C. & Sacristán, J.A. (Coords) (2020) Enseñando Ciencia con Ciencia. FECYT & Fundacion Lilly. Madrid: Penguin Random House.

Cowan, T. (2020). Conferencia final sobre el 5G y sus efectos en la salud humana. *Carpe Diem*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=xdHPFzToRbk>

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPing into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, 915–933.

Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in science education*. Dordrecht: Springer.

LINN, M. C.; DAVIS, E. A. y BELL, P. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, p. 4.

Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., y Evagorou, M. (2019). Design of a pre-service teacher training unit to promote scientific practices. Is a chickpea a living being?. *International Journal of Designs for Learning*, 11(1), 21-30. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i1.23757>

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academy Press.

National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press. Recuperado de: <https://doi.org/10.17226/9596>.

Martínez-Chico, M., López-Gay R. y Jiménez-Liso, M. R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 591-608.

Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). (2007). Real Decreto 1631/2006 por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE 5/01/2007, Madrid.

Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/095006900416884>

Hernández, M. I.; Couso, D. y Pintó, R. (2015). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of

Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *J Sci Educ Technol.*, 24(2- 3), 356-377. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>.

Jiménez-Liso, R. M., González, A. A., Martínez-Chico, M., Víchez González, J. M., Lucio-Villegas, R.L.G. (2019). Why scientific practices are not included in Science lessons? What does it go unnoticed for teachers. *Revista de Ciències de l'Educació*. Monogràfic 1(2), 20-32. Recuperado de: <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2>

Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). 10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: ed. Graó.

Jiménez Aleixandre, M. P., Bravo, B. y Puig, B. (2009a). ¿Cómo aprende el alumnado a usar y evaluar pruebas?. *Aula de Innovación Educativa*. 186.

Jiménez Aleixandre, M. P., Otero Gallástegui, J.R., Santamaría, F. E. y Mauriz, B. P., (2009b). Actividades para trabajar el uso de pruebas y la argumentación en ciencias. Danú, Santiago de Compostela.

OCDE (2006). PISA 2006. Marco de la evaluación: Conocimientos, habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura. Madrid: Santillana, Ministerio de Educación y Ciencia.

Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Ensen las Ciencias*, 37(2), 5-24.

Osborne, J. y Dillon, J. (2008). Science Education in Europe: Critical Reflections. Nuffield Foundation: UK. Disponible en línea: http://www.pollen-europa.net/pollen_dev/Images_Editor/Nuffield%20report.pdf.

Pané, G. H. (2020). Grandes pandemias de la historia. *National Geographic*. Recuperado de: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/grandes-pandemias-historia_15178/1

Puig, B.; Ageitos, N. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2017). Learning gene expression through modelling and argumentation: A case study exploring

connections between the worlds of knowledge. *Science & Education*, 26(10), 1193-1122.

Reigosa Castro, C., Jiménez Aleixandre, M. P. y García-Rodeja, E. (2001). Acciones y discurso durante la realización de un problema de física: referentes en la justificación de las propuestas. Comunicación presentada en el congreso de Enseñanza de las Ciencias.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (Report EU22-845, Brussels, 2007). McLaren, P. y Giarely, J. (eds.). Directorate-General for Research Science, Economy and Society.

Romero-Ariza M. (2017). El aprendizaje por indagación, ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 286-299. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19218>

Rudel, D. I. (2011) *Science Myths Unmasked: Exposing Misconceptions and Counterfeits forged by Bad Science Books*. *Gadflower Press*. Vol 2.

Seel, N.M. (2017). Model-based learning: a synthesis of theory and research. *Education Tech Research Dev* **65**, 931–966. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9>

Sociedad Española de Oncología Médica, (2020). Las cifras del cáncer en España 2020.

Solbes, J., Tuzón, P. y Palomar, R. (2019) Modelos físicos y químicos usando corporeización en la enseñanza de las ciencias. En J. Solbes, R. Jiménez-Liso, T. P. Desfilis (eds.) *Propuestas de Educación Científica Basadas en la Indagación y Modelización en Contexto* (1ª ed., pp. 15-38). Valencia: Tirant lo Blanch, Recuperado de: <https://editorial.tirant.com/es/libro/propuestas-de-educacion-cientifica-basadas-en-la-indagacion-y-modelizacion-en-contexto-jordi-solbes-9788417706791>

Solbes, J., Jiménez-Liso, M.R., Pina, T. (2019). *Propuestas de Educación Científica Basadas en la Indagación y Modelización en Contexto*. Valencia: Tirant lo Blanch, Recuperado de: <https://editorial.tirant.com/es/libro/propuestas-de-educacion-cientifica-basadas-en-la-indagacion-y-modelizacion-en-contexto-jordi-solbes-9788417706791>

Schwarz, C.V. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), pp. 632-654. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20324>

Sezen-Barrie, A.; Shea, N. y Borman, J. H. (2017). Probing into the sources of ignorance: Science teachers' practices of constructing arguments or rebuttals to denialism of climate change. *Environmental Education Research*. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/13504622.2017.1330949>

Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Barcelona. Península.

Universidad Internacional de Valencia. (2016). *Evolución de la red de tecnología móvil, del 1G al 5G*. Recuperado de: <https://www.universidadviu.es/evolucion-la-red-comunicacion-movil-del-1g-al-5g/>

Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008) Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Sci Educ*, 92, 941–967

Anexo I: Ficha de actividad “Detección de Bulos”

¿Hay pruebas para hablar de la relación entre el 5G y la aparición del coronavirus?

En marzo de 2020, en el final de una conferencia en California, EEUU, el doctor Thomas Cowen relaciona la aparición de la tecnología 5G con el origen y la expansión del coronavirus.

Vea el video de la conferencia Thomas Cowen:

<https://www.youtube.com/watch?v=xdHPFzToRbk>

1. Extrae los argumentos principales que utiliza el autor para defender su tesis.

2. Examina las siguientes informaciones e indica si apoyan, refutan o no se relacionan con las afirmaciones de Thomas Cowen

(A) Leed el artículo de National Geographic, “Grandes pandemias de la historia”

A1. Creemos que:

Apoya la afirmación de TC

Refuta la afirmación de TC

No se relaciona

A2. Explica tu elección, indicando que pruebas darías para convencer a una persona que pensase lo contrario.

(B) Extracto del documento de la Sociedad Española de Oncología Médica sobre la evolución del cáncer en los últimos 16 años.

B1. Creemos que:

Apoya la afirmación de TC

Refuta la afirmación de TC

No se relaciona

B2. Explica tu elección, indicando que pruebas darías para convencer a una persona que pensase lo contrario.

(C) Según lo estudiado recientemente en clase, ¿qué argumentos aportarías para apoyar o refutar la tesis de TC?

3. ¿Qué tipo de datos creéis que serían necesarios para probar (a) que TC lleva razón o (b) que no lleva razón?

ANEXO II

5	4	3	2	1
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo

Afirmaciones

Alternativas de respuesta

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Estoy de acuerdo con las principales afirmaciones de Tomas Cowan.

He sido capaz de distinguir entre las afirmaciones de TC, y las pruebas que sustentan sus hipótesis.

Considero que el Dr. Cowan ha aportado pruebas para justificar sus argumentos.

Durante la actividad he propuesto argumentos que tuvieran la base en pruebas o datos.

En la fase de argumentación con el resto de la clase he tenido que contra argumentar para defender los argumentos de mi equipo.

En caso afirmativo en la pregunta anterior, he dirigido mi crítica hacia las pruebas del argumento, en lugar de hacia el argumento.

Creo que las pruebas aportadas son suficientes para refutar o apoyar los argumentos de TC

Considero que la argumentación contribuye al pensamiento crítico.

Después de esta actividad sabría argumentar mejor que antes de hacerla.

El ambiente de clase ha sido proclive a manifestar mis opiniones favoreciendo el diálogo.

He comprendido el significado de todas las pruebas aportadas en la actividad.

Considero favorable para asimilar mejor los contenidos aprender conceptos científicos inmersos en controversias sociocientíficas.

ANEXO III

5	4	3	2	1
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo

Afirmaciones

Alternativas de respuesta

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

La división por equipos ha dado lugar a la participación de todos los miembros del mismo.

La división por equipos ha servido de apoyo para aquellos alumnos con mayores dificultades en el aprendizaje.

Las intervenciones del profesor se han ajustado al necesario ritmo de la clase, interviniendo en caso necesario y dejando espacio en caso contrario

El ajuste de tiempo ha sido adecuado a las sesiones previstas en la programación.

La selección de contenidos ha sido adecuada al curso y conocimientos previos del alumnado.

Los objetivos metodológicos de la actividad se han cumplido satisfactoriamente.

Los recursos materiales expuestos en la programación han resultado suficientes para realizar correctamente la actividad.

La organización de la actividad ha sido adecuada para la correcta consecución de los objetivos.

El contexto (momento y tiempo) de ejecución de la actividad ha sido adecuado para realizarla con éxito.

En la actividad de argumentación, considero las pruebas propuestas adecuadas a la actividad y a los contenidos.

La actividad de indagación se ha podido llevar a cabo realizando cada equipo su experimento sin dificultades.

ANEXO IV: INFORME DE LABORATORIO

¿Qué explicación de la entrada de agua es compatible con las pruebas?

Colocad una vela encendida en un cristalizador o un recipiente grande con uno o dos centímetros de agua, y cubridla con un matraz dado la vuelta. Colocad el matraz de modo que quede apoyado en el cristalizador. La vela queda así ardiendo en el interior del matraz.

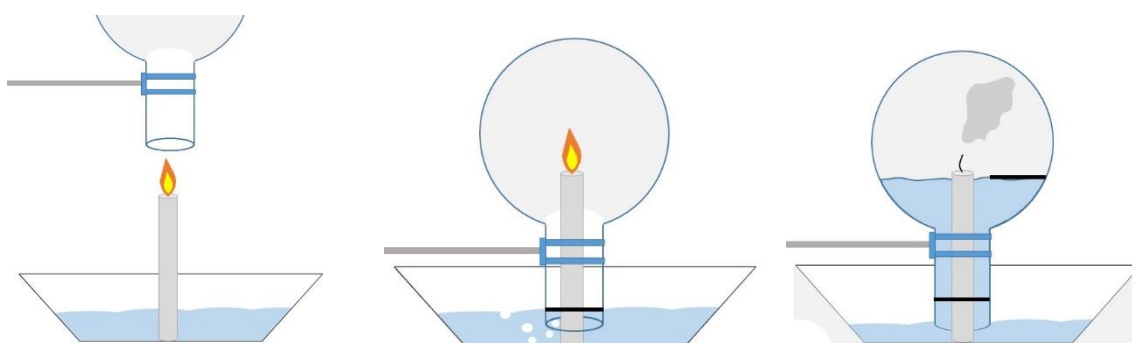


Figura 1. Esquema del experimento

Observa atentamente todo lo que ocurre.

La vela se apaga un tiempo después de taparla. ¿Puedes explicar por qué se apaga?

.....
.....

Otra cosa que ocurre es que el agua asciende por el matraz hasta alcanzar una cierta altura, que es aproximadamente el 20% del volumen del matraz. ¿Por qué sube el agua?

Podemos pensar en dos explicaciones diferentes para esta subida:

EXPLICACIÓN a)

Al arder la vela se consume el oxígeno del interior del matraz, y el agua ocupa su lugar ascendiendo por él.

EXPLICACIÓN b)

Al arder la vela el aire del matraz se calienta y se dilata. Cuando la vela se apaga, el aire se enfría y se contrae, provocando el ascenso del agua.

Analizando con más detalle lo ocurrido, podréis *decidir cuál de las dos explicaciones de la subida del agua es mejor*. Anota qué fenómenos habéis observado y que explicación creéis que puede explicar cada uno de ellos. Si es necesario, repetid la experiencia, pero debéis tener en cuenta que hay que renovar el aire y secar el matraz, sino los resultados pueden ser diferentes.

Observación 1:

Hemos observado que, al principio, mientras la llama está ardiendo, salen burbujas de aire por debajo del matraz.

☐ Sí ☐ No

¿Creéis que esta observación es correctamente explicada por a?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:
.....
.....

¿Creéis que esta observación es correctamente explicada por b ?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:
.....
.....

Observación 2:

Hemos observado que después de unos segundos la llama va disminuyendo hasta apagarse, y el agua asciende por el matraz. Parte del ascenso ocurre con la llama ya apagada.

☐ Sí ☐ No

¿Creéis que esta observación es correctamente explicada por a ?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:
.....
.....

¿Creéis que esta observación es correctamente explicada por b ?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:
.....
.....

Observación 3:

Hemos observado que el agua sube hasta ocupar aproximadamente el 20% del matraz.

☐ Sí ☐ No

¿Creéis que esta observación es correctamente explicada por *a*?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:

.....

.....

¿Creéis que esta observación es correctamente explicada por *b*?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:

.....

.....

¿Cuál de las dos explicaciones *a* o *b* creéis que es la mejor?

Explica por qué:

.....

.....

.....

ANEXO V: INFORME DE LABORATORIO

Actividad complementaria

A continuación, se aportan dos informaciones complementarias de la experiencia anterior. Debes indicar si las explicaciones a y b son adecuadas para ellas y porqué.

Dato complementario 1:

El aire contiene un 21% de oxígeno. Una vela se apaga cuando el porcentaje de oxígeno desciende a un valor del orden del 15%, es decir, mucho antes de que se haya consumido todo el oxígeno que contiene el aire.

¿Creéis que la explicación a es compatible con este dato?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:
.....
.....

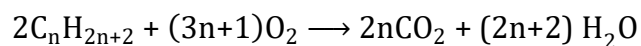
¿Creéis que la explicación b es compatible con este dato?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:
.....
.....

Dato complementario 2:

Las velas no suelen estar formadas por sustancias puras, pero simplificando supongamos que son parafinas de fórmula tipo $2C_nH_{2n+2}$, siendo la reacción de combustión:



Aunque por cada mol de parafina se consumen “3n+1” moles del gas oxígeno, en la combustión se forman “2n” moles del gas dióxido de carbono, compensando unos dos tercios de la disminución de volumen que podría deberse a la desaparición del oxígeno. Si bien es cierto que debe tenerse en cuenta que el aire caliente tiene una densidad menor, y que es posible que las moléculas de agua se condensen en las paredes del recipiente.

¿Creéis que la explicación a es compatible con este dato?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:

¿Creéis que la explicación b es compatible con este dato?

☐ Sí ☐ No

Indica las razones:

